



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

## FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



## “OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL NIVEL 2270 UNIDAD MINERA SAN ANDRÉS – MARSA”

TESIS

PRESENTADA POR:

**Bach. JUAN CÁCERES NAVARRO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERU**

**2019**



## DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado  
mis pasos y permitirme llegar  
a este punto y lograr mis  
objetivos trazados.

A mí querida Madre Erundina  
por su abnegada labor y apoyo  
incondicional e infinita bondad.

**Juan Cáceres**



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, que tanto me enorgullece, asimismo agradecer a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quienes contribuyeron en mi formación profesional, a mis amigos eternos y a mi familia en general.

A los Ingenieros de la Empresa Minera San Andrés – MARSА, gracias por su cooperación desinteresada y las experiencias impartidas.

**Juan Cáceres**



## INDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE ANEXOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

### **CAPÍTULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD, PROBLEMÁTICA..... 13**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 14**

1.2.1. Problema general ..... 14

1.2.2. Problemas específicos..... 14

**1.3 HIPÓTESIS ..... 14**

1.3.1 Hipótesis general ..... 14

1.3.2. Hipótesis específica ..... 15

1.3.3. Justificación de la investigación ..... 15

**1.4 OBJETIVOS..... 15**

1.4.1. Objetivo general..... 15

1.4.2. Objetivos específicos ..... 16

### **CAPÍTULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**

**2.2. ASPECTOS GENERALES..... 19**

2.2.1. Reseña histórica de la mina ..... 19

2.2.2. Ubicación y acceso ..... 20

2.2.3. Geología..... 22

2.2.4. Mina ..... 23

2.2.5. Planta concentradora..... 24

2.2.6. Planeamiento y proyectos ..... 26

2.2.6.1. Proyecto del pique principal ..... 26



2.2.6.2. Proyecto profundización rampa Patrick 3.....	27
2.2.7. Operación mina.....	29
2.2.7.1. Método de explotación .....	29
2.2.7.2. Producción y explotación .....	29
2.2.7.2.1. Producción .....	29
2.2.7.2.2. Explotaciones.....	29
2.2.7.2.3. Desarrollo .....	30
2.2.7.2.4. Preparación .....	30
2.2.7.2.5. Explotación.....	30
2.2.8. Operaciones auxiliares .....	32
<b>2.3. BASES TEÓRICAS.....</b>	<b>32</b>
2.3.1. Ventilación en mina .....	32
2.3.2. Ventilación subterránea.....	33
2.3.3. Tipos de ventilación.....	34
2.3.3.1. Ventilación natural.....	35
2.3.3.1.1. Generalidades .....	35
2.3.3.1.2. Determinación de la dirección e intensidad de la ventilación natural .....	36
2.3.3.1.3. Curva característica de la ventilación natural.....	38
2.3.3.2. Ventilación mecánica.....	38
2.3.3.2.1. Generalidades .....	38
2.3.3.2.2. Presión total de ventilación.....	39
2.3.3.2.3. Potencia para mover el aire (AHP).....	40
2.3.3.2.4. Potencia suministrada al ventilador (BHP).....	40
2.3.3.2.5. Rendimiento del ventilador (N).....	40
<b>2.4. LEYES BÁSICAS DE LOS VENTILADORES. ....</b>	<b>40</b>
2.4.1. Ventilación principal.....	42
2.4.2. Ventilación auxiliar.....	42
<b>2.5. CLASIFICACIÓN DE COSTOS .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>45</b>



<b>3.5. MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
<b>3.6. TÉCNICAS.....</b>	<b>45</b>
<b>3.7. INSTRUMENTOS.....</b>	<b>46</b>
<b>3.8. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN. ....</b>	<b>46</b>
<b>3.9. MÉTODO PARA LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....</b>	<b>47</b>
4.1.1. Requerimientos de aire. ....	47
4.1.2. Alcance .....	50
4.1.3. Ventiladores .....	50
4.1.4. Distribución de ventiladores .....	50
<b>4.2. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....</b>	<b>52</b>
4.2.1. Requerimiento de ventiladores .....	54
<b>4.3. CRITERIO PARA EL REQUERIMIENTO DE VENTILADORES.....</b>	<b>54</b>
4.3.1. Incremento de labores .....	54
4.3.2. Cálculo para la selección de ventiladores para una labor .....	54
4.3.2.1. Caudal requerido por el N° de personas y equipo diésel en un frente .....	54
4.3.2.1.1. Caudal requerido por el N° de personas .....	55
4.3.2.2. Caudal requerido para una velocidad de 20 (m/min).....	56
<b>4.4. BALANCE INTEGRAL DE VENTILACIÓN EN EL NV. 2270.....</b>	<b>56</b>
<b>4.5. BALANCE DE CAUDALES EN EL NV. 2270.....</b>	<b>57</b>
<b>4.6. NUEVO DISEÑO DE VENTILACIÓN .....</b>	<b>59</b>
4.6.1. Balance integral de ventilación Nv. 2270.....	59
4.6.2. Distribución de ventiladores. ....	59
4.6.3. Balance integral en el Nv. 2270 con el nuevo diseño de ventilación .....	61
4.6.4. Balance de caudales en el Nv. 2270 .....	61
4.6.5. Cuadros de curvas de operación .....	62
4.6.5.1. Ventilador de 10,000 cfm - Airtec .....	62
4.6.5.2. Ventilador de 20,000 cfm – Montalván Verastegui.....	63
4.6.5.2.1. Cálculo de costo de energía .....	65
<b>4.7. CÁLCULO DE COSTOS.....</b>	<b>66</b>
4.7.1. Costos con el diseño anterior de ventilación .....	66
4.7.2. Costos con el nuevo diseño de ventilación .....	66



4.7.3. Comparación de costos .....	68
4.7.4. Resumen total de costos.....	68
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

**Área:** Ingeniería de Minas.

**Tema:** Optimización de costos de ventilación de minas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 10 de diciembre del 2019



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Límites máximos permisibles .....	33
<b>Tabla 2.</b> Labores paralizadas por falta de ventilación (programa mensual del 2019) ...	49
<b>Tabla 3.</b> Disposición de ventiladores en el Nv. 2270 .....	51
<b>Tabla 4.</b> Avances programados en los meses para el periodo del año 2019 .....	53
<b>Tabla 5.</b> Caudal requerido por persona sobre los m.s.n.m. ....	54
<b>Tabla 6.</b> Caudal requerido por persona .....	55
<b>Tabla 7.</b> Balance integral del Nv. 2270.....	57
<b>Tabla 8.</b> Programación de los próximos 6 meses en el Nv. 2270 .....	58
<b>Tabla 9.</b> Resumen de parámetros .....	58
<b>Tabla 10.</b> Disposición de ventiladores en el nuevo diseño del sistema de ventilación..	60
<b>Tabla 11.</b> Balance integral de ventilación.....	61
<b>Tabla 12.</b> Balance de caudal de aire.....	62
<b>Tabla 13.</b> Cuadro comparativo entre los proveedores de Airtec y Montalván Verastegui .....	64
<b>Tabla 14.</b> Costo de compra con el diseño anterior en la marca de Montalván Verastegui .....	66
<b>Tabla 15.</b> Costo de compra con el nuevo diseño en la marca de Airtec. ....	67
<b>Tabla 16.</b> Comparación de costos de adquisición.....	68



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista de Campamento de la Unidad Minera San Andrés – Marsa.....	20
<b>Figura 2.</b> Ubicación Geográfica de la Unidad de Minera San Andrés – Pataz – La Libertad.....	21
<b>Figura 3.</b> Maestro perforista operando una maquina Jackleg en un frente del Nv. 2270. .....	24
<b>Figura 4.</b> Planta concentradora San Andrés, ubicada aprox. a 4100 m.s.n.m.....	25
<b>Figura 5.</b> Instalaciones de la Planta Concentradora San Andrés. ....	26
<b>Figura 6.</b> Construcción del Pique circular en la Unidad Minera San Andrés.....	27
<b>Figura 7.</b> Perforación de taladros largos en el proyecto del Pique Principal.....	28
<b>Figura 8.</b> Plano del proyecto rampa Patrick 3 en la Unidad Minera San Andrés.....	28
<b>Figura 9.</b> Curvas de presión, caudal y potencia de un ventilador de 10,000 cfm de la marca Airtec.....	63
<b>Figura 10.</b> Curvas de presión, caudal y potencia de un ventilador de 20,000 cfm de la marca Montalván Verastegui.....	64
<b>Figura 11.</b> Calculo para hallar el costo de energía.....	65



## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Mapa de ubicación de la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A. – MARSА. 73

**Anexo 2.** Ubicación geográfica Minera Aurífera Retamas S.A. – Pataz - La Libertad. 74



## RESUMEN

En el presente caso de estudio de investigación del nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSÁ, al no contar con aire suficiente es que se ha realizado la evaluación respectiva, calculando inicialmente las necesidades de aire fresco para su ventilación, siendo este de 30,484.00 cfm, considerando el ingreso de aire fresco de 31,000.00 cfm, teniendo una diferencia a favor de 516 cfm, cubriendo las necesidades requeridas actualmente, pero se tiene proyectado realizar la ampliación y profundización de las labores en producción, para lo cual fue necesario realizar un nuevo diseño siendo la necesidad futura de 55,262.00 cfm, el ingreso de aire actual no cubriría la necesidad futura. De persistir con el mismo diseño no se podría realizar las ampliaciones programadas, por déficit de aire fresco. Se realizó primeramente la medición de las estaciones principales que fueron tomadas en las bocaminas (BM) y chimeneas donde ingresa o sale el aire a superficie, en una distribución sistemática, y se procedió a evaluar la cantidad de los ventiladores los cuales son de 20,000 cfm y de una presión de 8 pulg/h<sub>2</sub>O (Montalván Verastegui), determinándose el porcentaje de déficit de aire, para posteriormente realizar una evaluación de los ventiladores y determinar el déficit de aire. Optimizándose con el nuevo diseño de ventilación, con ventiladores de 10,000 cfm y con presión de 12 pulg/h<sub>2</sub>O (AIRTEC); posteriormente se determinó los costos de ventilación siendo el costo total de la inversión anterior de S/. 119,001.96 con ventiladores Montalván y para el nuevo diseño de ventilación con el cambio de los ventiladores a Airtec se realizó la inversión de S/. 109,494.52 adicionalmente de cumplir estos últimos con los requerimientos legales, nos dan una optimización de costos en ahorro de S/. 9,507.44.

Palabras Claves (Keywords). Ventilación, flujos de aire, costos, optimización.



## ABSTRACT

In the present case study of the 2270 level of the San Andres Mining Unit - MARSA, since there is not enough air, the respective evaluation has been made, initially calculating the needs of fresh air for ventilation, being this of 30,484.00 cfm, considering the fresh air intake of 31,000.00 cfm, having a difference in favor of 516 cfm, covering the needs currently required, but it is projected to make the expansion and deepening of the work in production, for which it was necessary to make a new design being the future need of 55,262.00 cfm, the current air intake would not cover the future need. If the same design were to persist, it would not be possible to carry out the programmed expansions, due to the lack of fresh air. First, measurements were taken at the main stations at the intake and exhaust stacks in a systematic distribution, and the number of fans was evaluated, which are 20,000 cfm and have a pressure of 8 in/h<sub>2</sub>o (Montalvan Verastegui). The percentage of air deficit was determined, and then an evaluation of the fans was made to determine the air deficit. Optimized with the new ventilation design, with 10,000 cfm fans and a pressure of 12 in/h<sub>2</sub>o (AIRTEC); later the ventilation costs were determined being the total cost of the previous investment of S/. 119,001.96 with Montalvan fans and for the new ventilation design with the change of the fans to Airtec the investment of S/. 109,494.52 was made in addition to fulfilling the legal requirements, giving us a cost optimization in savings of S/. 9,507.44.

Keywords. Ventilation, air flows, costs, optimization.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD, PROBLEMÁTICA

El trabajo en minas subterráneas es totalmente diferente al de cualquier otra industria, debido a que presenta riesgos y peligros, especialmente en lo que representa a enfermedades ocupacionales, y que se tiene ambientes contaminados con partículas de rocas y gases venenosos provenientes de las voladuras, de las emanaciones de los motores diésel, de la descomposición de materiales orgánicos, etc., la evaluación y mejora de la ventilación, tiene un propósito definido, brindar un ambiente de trabajo óptimo en las diferentes áreas de la mina.

En el presente caso de estudio de investigación del nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSA, al no contar con aire suficiente es que se realizó la evaluación respectiva, calculando inicialmente las necesidades de aire fresco para su ventilación, siendo de 30,484.00 cfm, considerando el ingreso de aire fresco de 31,000.00 cfm, teniendo un diferencia a favor de 516 cfm, cubriendo las necesidades requeridas actualmente, pero se tiene proyectado realizar la ampliación y profundización de las labores en producción, para lo cual fue necesario realizar un nuevo diseño siendo la necesidad futura de 55,262.00 cfm, el ingreso de aire actual no cubriría la necesidad futura. De persistir con el mismo diseño no se podría realizar las ampliaciones programadas, por déficit de aire fresco.

- El incremento de labores y profundización en interior mina es de 190 % en función al periodo que se espera llegar en 2020.
- Se tienen labores que no se programan por falta de ventiladores.
- No se han incrementado ventiladores auxiliares, ni se tiene ventiladores en stand by, para cubrir la necesidad del incremento de labores.
- En algunas labores no alcanzan la velocidad requerida, que actualmente es de 20 m/min con el uso de emulsión.
- Distancia entre el ventilador hasta la labor es mayor a lo requerido, debe estar dentro de lo requerido de 300 m.



- Solo se puede adicionar a nuestro circuito de 10,000 cfm con una presión de 12 pulg/ $h_2O$ .

Para mantener la velocidad de aire y cumplir con el requerimiento de aire en fresco en mina se tendrá de enseriar 02 los ventiladores de 10,000 cfm.

El principal objetivo del presente trabajo es hacer una optimización de la ventilación de la mina con un nuevo diseño de ventilación, desde el punto de vista técnico y económico, para presentar alternativas de solución.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Al no contar con aire fresco suficiente en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА, se plantea la evaluación e influencia de la ventilación mecánica y el cálculo de sus parámetros respectivos, junto a las condiciones y características de la mina, nos darán una idea de la dificultad y el costo que implicará tanto la ventilación principal como la auxiliar; de modo tal que la selección de los equipos satisfaga tales condiciones optimizando la ventilación mecánica que reducirá en el sistema de ventilación para satisfacer las necesidades requeridas de aire, y mejora el rendimiento del trabajador minero.

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cómo se puede optimizar los costos mediante un nuevo diseño de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo se puede determinar el nuevo diseño de ventilación mecánica, en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА para optimizar el circuito de ventilación?
- ¿Cómo se puede optimizar los costos de ventilación mediante el nuevo diseño de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА?

## **1.3 HIPÓTESIS**

### **1.3.1 Hipótesis general**

- Al realizar un nuevo diseño del circuito de ventilación en el nivel 2270 Unidad



Minera San Andrés – MARSA, se optimizará los costos de ventilación.

### **1.3.2. Hipótesis específica**

- Al realizar un nuevo diseño del circuito de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSA, se optimizará el circuito de ventilación.
- Al realizar un nuevo diseño del circuito de ventilación se logrará optimizar los costos de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSA.

### **1.3.3. Justificación de la investigación**

El presente trabajo de investigación ejecutado sobre la Optimización de costos de ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 2270 Unidad Minera San Andrés - MARSA, surge ante la necesidad de dar un aporte muy importante para el mejoramiento y reducción de costos de ventilación y así lograr un ambiente seguro para los trabajadores en interior mina.

Al profundizar nuestras labores se constata la deficiencia de ventilación siendo este de 30,484 CFM, puesto que los ventiladores que se está usando no cumplen con lo requerido de acuerdo a las necesidades, requiriéndose mayor cantidad de caudal y presión.

Las necesidades de aire fresco para la ventilación actual son de 30,484.00 CFM, considerando el ingreso de aire fresco de 31,000.00 CFM, se tiene una diferencia a favor de 516 CFM, cubriendo las necesidades requeridas actualmente, pero se tiene proyectado realizar la ampliación y profundización de las labores en producción, para lo cual fue necesario realizar un nuevo diseño siendo la necesidad más adelante de 55,262.00 CFM, ya que el ingreso de aire actual no cubriría la necesidad futura.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Realizar un nuevo diseño del circuito de ventilación en el Nv 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSA, para optimizar los costos de ventilación.



#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar un nuevo diseño del circuito de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА, se optimizará el circuito de ventilación.
- Realizar un nuevo diseño del circuito de ventilación logrando optimizar los costos de ventilación en el Nv 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА S.A.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Mallqui T. A. (1981), en la tesis titulada “Proyecto Optimización del sistema de ventilación” en su conclusión indica, se acepta que el incremento de la temperatura del aire debido a la auto compresión es el orden de 1°C por cada 100 metros de profundidad, el incremento de la temperatura es como resultado de la oxidación del carbón, de la piritita, putrefacción de la madera, velocidad de flujo de aire, el trabajo de equipos motorizados que influyen en el incremento de la temperatura, al movimiento de aire es originado en interior mina por la diferencia de presiones entre dos puntos del aire creados en forma natural o artificial.

Según Naira V. Ángel, (1999), realizó un informe sobre ventilación del desarrollo de la galería 385 - E. Santa Ana – Compañía Minera Ananea – nivel 4945, dando a conocer las cantidades necesarias de aire para un óptimo desempeño de los trabajadores a una altitud de 4945 m.s.n.m.

De acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. N° 024 – 2016- EM, Artículo 246.- El titular de actividad minera debe velar por el suministro de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador, de los equipos y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran afectar la salud del trabajador, así como para mantener condiciones termoambientales confortables. Todo sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad del aire, debe mantenerse dentro de los límites de exposición ocupacional para agentes químicos...b) En todas las labores subterráneas se debe mantener una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de trabajadores, con el total de hp's de los equipos con motores de combustión interna, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de diecinueve punto cinco por ciento (19.5 %) de oxígeno. c) Las labores de entrada y salida de aire deben ser absolutamente independientes. El circuito general de ventilación se debe dividir en el interior de las minas en ramales para hacer que todas las labores en trabajo reciban su parte proporcional de aire fresco, evitando toda recirculación de aire. d) Cuando la ventilación natural no sea capaz de cumplir los artículos precedentes,



debe emplearse ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según las necesidades...f) En labores que posean sólo una vía de acceso y que tengan un avance de más de sesenta metros (60 m), es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares. En longitudes de avance menores a sesenta metros (60 m) se debe emplear también ventiladores auxiliares sólo cuando las condiciones ambientales así lo exijan.

Artículo 249.- Se toman todas las providencias del caso para evitar el deterioro y paralización de los ventiladores principales. Dichos ventiladores deben cumplir las siguientes condiciones: 1. Ser instalados en casetas incombustibles y protegidas contra derrumbes, golpes, explosivos y agentes extraños. Los ventiladores en superficie, así como las instalaciones eléctricas deben contar con cercos perimétricos adecuados para evitar el acceso de personas extrañas. Contar con otras precauciones aconsejables según las condiciones locales para protegerlas. 2. Tener, por lo menos, dos (2) fuentes independientes de energía eléctrica que, en lo posible, deben llegar por vías diferentes. 3. Estar provistos de silenciadores para minimizar los ruidos en áreas de trabajo o en zonas con poblaciones donde puedan ocasionar perjuicios en la salud de las personas. 4. Estar provistos de dispositivos automáticos de alarma para caso de paradas. 5. Cumplir estrictamente las especificaciones técnicas dispuestas por el fabricante para el mantenimiento preventivo y correctivo de los ventiladores.

Artículo 251.- Para los ventiladores principales con capacidades iguales o superiores a 2,831 metros cúbicos por minuto o su equivalente de 100,000 pies cúbicos por minuto, se deben instalar paneles de control que permitan su monitoreo de operación, su regulación a parámetros requeridos, la emisión de señales de alarma en caso de paradas y el arranque automático de los equipos de emergencia en caso de un corte de energía. La evaluación integral de ventilación debe considerar: a) Ubicación de estaciones de control de ventilación. b) Circuitos de aire de la mina. c) Balance de ingresos y salidas de aire de la mina. La diferencia de caudales de aire entre los ingresos y salidas de aire no debe exceder el diez por ciento (10 %). d) La demanda de aire de la mina debe ser la cantidad de aire requerida por los trabajadores, para mantener una temperatura de confort del lugar de trabajo y para la operación de los equipos petroleros. Cuando en la operación no se usen equipos con motor petrolero debe considerarse el aire requerido para diluir los gases de las voladuras.



## 2.2. ASPECTOS GENERALES

### 2.2.1. Reseña histórica de la mina

Minera Aurífera Retamas S.A. es una empresa de minería subterránea de capital íntegramente peruano. El yacimiento conocido como "Cerro El Gigante", que viene explorando y explotando sostenidamente hace 30 años se encuentra ubicado en el "Batolito de Pataz", que forma parte del complejo geológico del Marañón, rico en concentraciones de oro y plata. Marsa, fundada en 1981 por don Andrés Marsano Porras, está ubicada a 3900 metros sobre el nivel del mar en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad; en el flanco oeste de la Cordillera de los Andes.

En sus inicios, la empresa fue inaugurada con una planta de tratamiento de 50TMS/día; con pocos recursos y como consecuencia de un arduo trabajo minero sostenido, de la inquebrantable fe minera de su fundador y de su equipo de colaboradores, se logró el crecimiento y desarrollo de MARSÁ; contando la empresa hoy en día con una planta de 1800TMS/día de capacidad instalada.

MARSÁ es hoy en día una empresa moderna, eficiente, respetuosa de su entorno, que da trabajo a más de 3,800 personas y que tiene un alto compromiso de responsabilidad social y ambiental.



*Figura 1.* Vista de Campamento de la Unidad Minera San Andrés – Marsa.

### 2.2.2. Ubicación y acceso

#### - **Ubicación.**

La unidad de producción San Andrés de la minera aurífera Retamas S.A. (MARSA), políticamente está ubicada en el anexo de Llacuabamba distrito de Parcoy provincia de Pataz departamento de la Libertad; geográficamente emplazada en las inmediaciones del cerro El Gigante en las vertientes del flanco oriental de la cuenca hidrográfica del Marañón, en el sector Norte de la Cordillera Oriental. Las altitudes oscilan entre 3170 m.s.n.m. a 3900 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son:

- Latitud sur: 08 02’
- Longitud Oeste: 77 20’

#### - **Acceso.**

Se puede llegar al área de operaciones por vía terrestre y vía aérea:

Por Vías Terrestres:

- Lima – Trujillo: 562 Km., carretera asfaltada
- Trujillo – Huamachuco: 185 km., carretera asfaltada
- Huamachuco – Chagual: 162 km., trochas carro sables
- Chagual – Retamas: 58 km., trocha carro sables
- Retamas – Mina: 58 km., trocha carro sables

Llegando a un total de 1025 km. De distancia de la ciudad de Lima a la Unidad de Producción San Andrés de minera aurífera RETAMAS S.A.C.

Por vía Aérea (Avioneta):

Por vía aérea desde Lima o Trujillo a un pequeño aeródromo ubicado en Chagual junto al río Marañón como se indica a continuación:

- Lima – Chagual: Aproximadamente 1hr. 30’.
- Trujillo – Chagual: Aproximadamente 30’.



*Figura 2.* Ubicación Geográfica de la Unidad de Minera San Andrés – Patate – La Libertad.



### 2.2.3. Geología

En el territorio del distrito minero de Parcoy, en el Batolito de Pataz, se encuentra el depósito mineral conocido como «El Gigante», donde MARSA desarrolla sus operaciones. Está emplazado en rocas intrusivas granitoides de la edad Paleozoica. Constituido por filones de cuarzo con concentraciones de sulfuros, la concentración de mineral se presenta en forma de un cuerpo mineralizado (ore shoot) controlado por estructuras del tipo lazo cimoide.

En las exploraciones y desarrollo, la política de MARSA es mantener el nivel de reservas, para lograr este objetivo se desarrolla un agresivo programa mensual de avances lineales de alrededor de 2 mil metros. Las exploraciones son vitales para encontrar y renovar las reservas.

Este agresivo programa de exploraciones con labores mineras se viene ejecutando desde la cota 3220 hacia cotas más profundas, actualmente ya estamos explorando en la cota 2570. Este programa junto a los programas de perforación diamantina de largo alcance, permiten incrementar nuevas áreas de exploración y una reevaluación de las áreas más antiguas.

En años anteriores las reservas y la producción provenían del sistema esperanza que es una estructura con rumbo NNW – SSE y buzamiento NE, pero adicionalmente se tienen identificadas 14 estructuras al piso de Esperanza con el mismo rumbo y buzamiento. Con la profundización realizada en los últimos años se han interceptado las vetas Cabana 2, Cabana 3 y Daniela con valores de oro superiores al promedio de ley de las reservas actuales y que pertenecen a este sistema de estructuras paralelas. Adicionalmente también se ha interceptado la veta Valeria que es una estructura tensional con valores de oro superiores. Los resultados que se vienen obteniendo son muy alentadores y esto ha permitido que manteniendo el programa de exploraciones las reservas se incrementen sustancialmente. Actualmente nuestras reservas alcanzan para una producción de 10 años. Con respecto al potencial de reservas las expectativas de mineralización económica son muy altas.



#### 2.2.4. Mina

La Mina produce 1650 tms, mineral proveniente de la explotación, preparación y desarrollo. Los principales métodos de explotación son cámaras y pilares mecanizados con rendimientos de 8 tm/h-g, Corte y Relleno Ascendente y el Long Wall (convencional), en perforación se utiliza perforadoras tipo jackleg, y para la limpieza winches eléctricos de arrastre en las labores convencionales y scoop en los tajos mecanizados, y para restablecer el macizo rocoso se usa el relleno hidráulico de alta densidad. Para desarrollar las labores de exploración, preparación se utilizan jumbos de electrohidráulicos de un brazo, scoops desde 1.5 yd<sup>3</sup> hasta 4.5 yd<sup>3</sup> de capacidad y palas neumáticas de 10 pies<sup>3</sup>. En todas las labores se emplea los ventiladores auxiliares desde 5,000 cfm hasta 18,000 cfm para expulsar el aire viciado hasta los tres circuitos principales de ventilación que está conformado por cruceros y chimeneas Raise Boring de 6' y 8' de diámetro, en los extremos de los circuitos se tienen instalados extractores que suman 420,000 cfm.

MARSA, decidió profundizar la mina de manera mecanizada construyendo la Rampa Patrick de 4.0 m por 4.5 m, que tiene un recorrido de 5500 m. y se viene ejecutando la profundización de la rampa II etapa, que tendrá una longitud de 4000 m. En la construcción de la Rampa se está utilizando jumbos electrohidráulicos de dos brazos, scoop de 6 yd<sup>3</sup>, volquetes de 20 m<sup>3</sup> de capacidad, para el desagüe de las aguas subterráneas se viene empleando bombas de 300 hp de potencia y 50 l/s, y se está construyendo una cámara principal de bombeo donde se instalará la bomba de 400Hp y 150 l/s de capacidad como medida de contingencia.

Tenemos una casa fuerza de energía neumática 16,000 cfm, y la red troncal de 22,000 m. para minimizar las caídas de presión el aire es conducido por tuberías de metálica de 16", 12", 10" y 8" de diámetro.

La mina trabaja en dos turnos y en MARSA y da una importancia especial a la seguridad en el trabajo, por ello los implementos de seguridad que se usan en la mina cumplen con los estándares internacionales y su cambio o reemplazo obedecen a la frecuencia de uso y el estado del EPP establecido en el estándar de la mina.



*Figura 3.* Maestro perforista operando una maquina Jackleg en un frente del Nv. 2270.

### **2.2.5. Planta concentradora**

La Planta de beneficio cuenta con una capacidad de procesamiento de mineral de 1800 tms/día, procesa el mineral ininterrumpidamente 24 horas al día, 365 días al año.

El mineral antes de ser chancado es sometido a una clasificación previa para separar el producto de  $-1/2''$  que acompañará al mineral de tolva de gruesos proveniente de la mina, el rechazo de la clasificación, es decir el material mayor a  $1/2''$  se tritura en una chancadora primaria de quijadas de  $15'' \times 24''$  y luego se complementa el chancado en dos chancadoras cónicas de 48 FC y 36 FC hasta obtener un producto fino que pasa la malla  $-1/2''$ .

En el beneficio del mineral se aplican cuatro procesos metalúrgicos importantes:

1. Concentración de los minerales auríferos (mayormente sulfuros).
2. Cianuración de los concentrados auríferos.
3. Precipitación de los valores disueltos mediante el uso del polvo de zinc (Proceso Merrill-Crowe).
4. Deposición separada de los relaves de flotación y cianuración.

El mineral chancado a 100%  $-1/2''$  pasa luego al proceso de molienda, el que se realiza en dos molinos de bolas de  $9' \varnothing \times 8' \varnothing$ , en circuito cerrado con un ciclón de  $20'' \varnothing$ .

Para la concentración de los minerales valiosos, además de la operación gravimétrica, el oro tanto libre como asociado a las piritas, es recuperado aplicando el proceso físico-químico de “Flotación por Espumas”. Esta etapa está orientada principalmente a la recuperación de valores finos (tamaños cercanos a 200 mallas). En la flotación se utilizan dos reactivos: el colector (Z-6) y un espumante. Los concentrados son espesados y filtrados para separar el agua que le acompaña, de tal manera que se evita el incremento de líquido en el circuito de cianuración.



**Figura 4.** Planta concentradora San Andrés, ubicada aprox. a 4100 m.s.n.m.



*Figura 5.* Instalaciones de la Planta Concentradora San Andrés.

## **2.2.6. Planeamiento y proyectos**

### **2.2.6.1. Proyecto del pique principal**

Se ha iniciado la construcción de un Pique Circular con una longitud total de 730 mts. (Incluido el castillo y zona de carga) y 4.20 m. de diámetro, para optimizar la operatividad entre los niveles 3220 y 2620. A través del Pique, se podrá trasladar en el skip 3800 tms/día de material que incluye mineral y desmonte y contará además con una jaula de capacidad de 72 personas que permitirá dar acceso a 800 trabajadores por turno o trasladar a través de ella 5800 kilos de carga.



*Figura 6.* Construcción del Pique circular en la Unidad Minera San Andrés.

### **2.2.6.2. Proyecto profundización rampa Patrick 3**

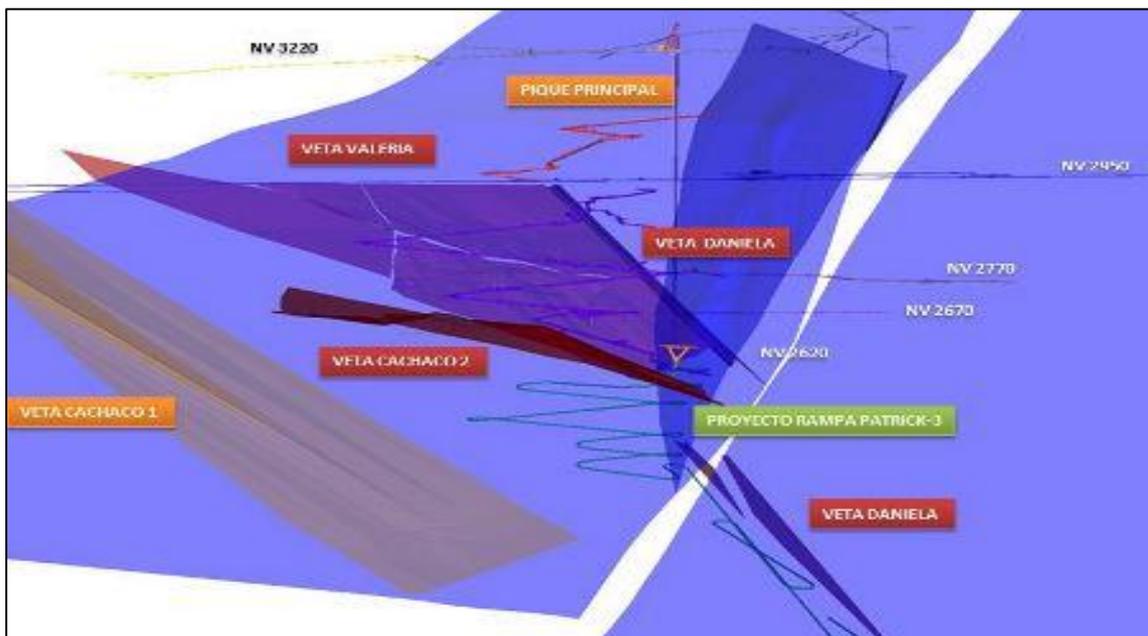
Luego de haber concluido las dos primeras etapas en las que se construyeron la Rampa Patrick 1 entre las cotas 3200 y 2950 y Patrick 2 entre las cotas 2950 y 2570, que nos han permitido garantizar un importante volumen de reservas y para seguir profundizando la mina, MARSА ha proyectado la Rampa Patrick 3.

La profundización de la Rampa Patrick 3 hacia niveles inferiores a partir del nivel 2620 permitirá a la empresa generar mayores reservas de mineral que aseguren la producción sostenida de los próximos años.

Este proyecto de exploración a mediano plazo comprende un avance de 4 km. de longitud a 12% de gradiente con una sección de 4 m. x 4 m. en forma mecanizada, y significa abrir los nuevos niveles 2570, 2520, 2470, 2420, 2370, 2320, 2270, 2220, que permitirá explorar y desarrollar las vetas Cachaco, Valeria, Cabana, Daniela y Esperanza.



**Figura 7.** Perforación de taladros largos en el proyecto del Pique Principal.



**Figura 8.** Plano del proyecto rampa Patrick 3 en la Unidad Minera San Andrés.



## **2.2.7. Operación mina**

### **2.2.7.1. Método de explotación**

Siendo el yacimiento de tipo filoneano con potencia media a baja y buzamiento sub-horizontal, no fue tarea fácil la selección del método de explotación que mejor adecue a estos y otros requerimientos, escogiendo como método de minado de “Cámara con Pilares Temporales”, el mismo que se realiza abriendo inicialmente cámaras en forma alterna y ascendente en dirección del buzamiento con sección mina de 3 m de ancho en el nivel. Concluido el corte de una cámara, se procede al aspirado, barrido y lavado del tajeo quemado de esta forma listo para la etapa de relleno.

En una segunda etapa de minado los pilares son explotados y rellenados. El método de explotación empleado actualmente en los tajos Long Wall.

### **2.2.7.2. Producción y explotación**

#### **2.2.7.2.1. Producción**

MARSA tiene un programa mensual de producción de 30 000 tms de mineral con una ley de cabeza de 14 gr. Au/tms en promedio y un programa mensual de avances lineales de alrededor de 2000 m, en explotaciones desarrollos y preparaciones con labores de cruceros, galerías, subniveles, chimeneas inclinadas y verticales. MARSA opera bajo el sistema de contratista.

Se trabajan dos turnos de ocho horas diarias. Debido a las difíciles características del yacimiento Normalmente las actividades del proceso productivos comprenden: Exploraciones, desarrollo, preparación y explotación propiamente, a continuación, explicamos cada uno de ellos brevemente.

#### **2.2.7.2.2. Explotaciones**

La exploración es la primera etapa del proceso productivo propiamente minero, esta actividad implica un alto riesgo debido a que muchas veces no se encuentran depósitos minerales económicamente explotados.



Hay dos tipos de explotaciones, la de ampliación de reservas que se realizan en zonas interesantes desde el punto de vista minero y que se realizan en zonas interesantes desde el punto de vista minero y que no han sido exploradas antes o lo han sido muy superficialmente, y la de reposición de reservas que se realizan en la zona de operación con el fin de seguir cubicando más mineral para reponer las reservas extraídas el año anterior, es decir, para no agotar la vida de la mina.

#### **2.2.7.2.3. Desarrollo**

El desarrollo es la operación que se realiza para hacer posible la explotación del mineral en un yacimiento.

En la minería subterránea se realizan trabajos de desarrollo mediante galerías cruceros, chimeneas (inclinadas y verticales), piques, rampas, etc.

#### **2.2.7.2.4. Preparación**

La preparación consiste en diseñar en el terreno la forma de cómo extraer el mineral establecido un método de explotación. Se realizan trabajos de preparación mediante galerías de transporte y de servicios y chimeneas (extracción, relleno, ventilación), etc.

#### **2.2.7.2.5. Explotación.**

Para explorar el yacimiento se corren los subniveles de ataque a partir de las chimeneas de extracción. Estos subniveles intercomunican a las chimeneas de extracción – ventilación para optimizar la programación de la fase de minado - relleno por sectores. Los subniveles de ataque se mantienen abiertos hasta concluir el minado de todo el horizonte.

La explotación propiamente dicha se inicia a partir del subnivel de ataque mediante tajeos.

Los primeros tajeos en extraerse, son los que se ubican cerca del contacto de desmonte con mineral, en los tajeos se emplea sostenimiento mediante puntales y Jack Pot y cuadros. El ciclo de minado consiste en: Perforación y voladura, Limpieza y acarreo, Transporte. Perforación.



Los equipos de perforación que más éxito han tenido en operaciones de perforación en la mina son:

- **Jackleg:**

Usadas ampliamente por su bajo costo de inversión y capacidad de adaptación para trabajos en tajeos irregulares Versátil y fácil trasladar de una labor a otra, para trabajos de frontones y tajos.

Limitación en velocidad de perforación y alcance de altura de la corona. Marcas Atlas Copco y Seco, utilizando barras cónicas de 3 y 5 pies en tajeos y en labores lineales de 4 y 6 pies con brocas de 38 mm y 36 mm de diámetro.

- **Voladura.**

La voladura se hace de acuerdo al trazo de perforación. Se emplean los siguientes accesorios:

- Dinamita Semexa al 45% de 7/8 “x 7” (1 caja = 25 kg), Dinamita Exadit al 45% 7/8 “x 7” (1 caja = 25 kg).
- Gelatina especial 75% de 7/8 “x 7” (1 caja = 25 kg).
- Espaciador de agua, guía de seguridad (caja x 1000 mts).
- conector para mecha rápida. (Caja x 100 pza).
- fulminantes común n 8 (caja x 100 pza), mecha rápida de ignición z-18 color rojo. (Caja x 1500 mts).

- **Limpieza y Acarreo.**

La limpieza y acarreo del mineral comprende los trabajos que son necesarios desde el acarreo del mineral volado en los tajos hasta su vaciado en los echaderos principales. En los tajeos, subniveles y chimeneas la limpieza se realiza mediante el lampeo directo hacia los echaderos, con carretilla, mediante el rastrillaje empleando winches eléctricos de 15 HP, en galería y cruceros de emplean los scoop.

- **Transporte.**

El transporte del mineral, desde los niveles hasta la planta concentradora, se realiza mediante una moderna flota de volquetes de 20 toneladas de capacidad.



### **2.2.8. Operaciones auxiliares**

- **Ventilación.**

Las labores mineras se encuentran adecuadamente ventiladas como lo establece el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, utilizándose una combinación de ventilación natural y forzada mediante el empleo de ventiladores axiales de hasta 30000 cfm.

- **Sostenimiento.**

Después de la voladura se procede a asegurar las labores tales como: tajeo chimeneas, subniveles, cruceros y galerías, dependiendo de la competencia de la caja techo, se emplean como elementos de sostenimientos cuadros madera, puntales de seguridad, pernos de anclaje fijados con cencom y resina.

Después de la voladura se procede a asegurar las excavaciones, dependiendo de la competencia de la caja techo se emplean como elementos de sostenimiento cuadros de madera, puntales y Jackpot y Perno de Anclaje en los tajeos, en chimeneas se emplean los puntales, en subniveles se emplean cuadros de madera y pernos de Anclaje y en galerías y cruceros se usan pernos de anclaje puntales y pernos se anclaje sistemático con malla electro soldada.

## **2.3. BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1. Ventilación en mina**

Es una rama de la Ingeniería de Minas, la cual mediante un fuerte apoyo de las leyes físicas y termodinámicas respalda o potenciada con análisis de sistemas, tiene por misión atender los requerimientos de Higiene Ambiental en labores subterráneas en operaciones, (Ver: Tabla 1).

**Tabla 1.** Límites máximos permisibles.

GASES	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Polvo inhalable	10 mg/m <sup>3</sup> (*)
Polvo respirable	3 mg/m <sup>3</sup> (*)
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	Mínimo 19.5% y máximo 22.5%
Monóxido de carbono (CO)	Máximo 25 ppm.
Dióxido de carbono	Máximo 5000 ppm. 3000 por un lapso no superior de 15min.
Metano	Máximo 25 ppm.
Hidrógeno sulfurado	Máximo 14 mg/m <sup>3</sup> o 10 ppm.
Gases nitrosos	Máximo 0.7 mg/m <sup>3</sup> o 5 ppm.
Anhidridos sulfurosos	2 ppm mínimo a 5 ppm. Máximo
Aldehidos	Máximo 5 ppm.
Hidrógeno sulfurado (H)	Máximo 5000 ppm.
Ozono	Máximo 0.1 ppm.

*Fuente: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional Decreto Supremo 024-2016-EM.*

En la siguiente tabla se muestra los límites máximos permisibles de la ventilación de minas subterráneas, en el trabajo que se realiza para lograr el acondicionamiento del aire que circula a través de las labores subterráneas siendo su objetivo principal asegurar un ambiente libre de riesgo, saludable y cómodo para que los trabajadores dicho objetivo debe de ser alcanzado de manera más eficiente y de menos costo posible, debiendo de tener en cuenta que la ventilación es un proceso íntimamente ligado a la dinámica de la mina, en cuanto se refiere a la calidad de aire deberá mantenerse dentro de los límites máximos permisibles, teniendo en consideración lo estipulado en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional aprobado por el MEM. En el D.S. N° 023-2017-EM.

### 2.3.2. Ventilación subterránea

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos, la ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores. Para ello es indispensable que la mina tenga dos labores de acceso independientes: dos pozos, dos socavones, un pozo y un socavón, en las labores que solo tienen un acceso por ejemplo (una galería en



avance) es necesario ventilar con ayuda de una tubería se coloca entre la entrada a la labor y el final de la labor, esta ventilación se conoce como secundaria, en oposición a la que recorre toda la mina que se conoce como principal, los ventiladores son los responsables del movimiento del aire, tanto en la ventilación principal como en la secundaria. Generalmente los ventiladores principales se colocan en el exterior de la mina, en la superficie. (De la Cuadra, 1974).

Principios de la ventilación es por:

- Dos puntos de diferente presión ( $>P2$  a  $<P1$ ).
- Diferencia de temperaturas ( $> T^{\circ}2$  a  $< T^{\circ}1$ ).

Se puede definir como ventilación de una mina, al conjunto de trabajos que se realizan para suministrar aire que debe circular por las diferentes labores subterráneas, ya sea por medios naturales o mecánicos, con la finalidad de obtener un ambiente seguro, saludable y cómodo para los trabajadores durante su jornada de trabajo.

### 2.3.3. Tipos de ventilación

Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Ventilación natural
- Ventilación mecánica

Dentro de los tipos de ventilación de una mina existe la ventilación mixta o combinada como es impelente y aspirante, en la impelente el ventilador impulsa aire hacia interior mina, en el caso del aspirante el ventilador aspira el aire del interior mina por la tubería y lo expulsa hacia el exterior, el caudal requerido para ambos casos será calculado:

- De acuerdo al número de personas.
- De acuerdo a la concentración de polvo en suspensión.
- De acuerdo al aumento de temperatura.
- De acuerdo al consumo de explosivos.
- De acuerdo al número de equipos diésel.



## El Caudal de Aire.

Es la cantidad de aire que ingresa a la mina y que sirve para ventilar labores, cuya condición debe ser que el aire fluya de un modo constante y sin interrupciones.

El movimiento de aire se produce cuando existe una alteración del equilibrio: diferencia de presiones entre la entrada y salida de un ducto, por causas naturales (gradiente térmica) o inducida por medios mecánicos.

### **2.3.3.1. Ventilación natural**

#### **2.3.3.1.1. Generalidades**

La ventaja que tenemos en las minas ubicadas en zonas montañosas es que gran parte de la ventilación requerida se provee naturalmente; es decir el tiro natural se crea debido a la diferencia de elevaciones del ingreso y salida del aire y la diferencia de sus temperaturas.

Ya que la ventilación natural es importante, se tendrá especial cuidado en el manejo de la misma, ya que en regiones montañosas cambiará el sentido del flujo, y el encargado de la ventilación tendrá que percibirlo, para tener en cuenta si trabaja en contra o a favor de la ventilación mecánica.

Lo ideal es que tanto la ventilación mecánica como la natural trabajen en el mismo sentido de modo que aumenten su eficiencia, especialmente en horas punta, donde se requiere de una ventilación total.

La ventilación natural se produce cuando existe una energía natural capaz de lograr la creación de una corriente natural de aire, que está influenciada por la gradiente térmica entre diferentes puntos del circuito de ventilación.

Para que exista un flujo de aire a través de la mina, es necesario que exista alguna fuente de energía que ponga al aire en movimiento.

La única fuente de energía capaz de lograr este efecto es la gradiente térmica que existe entre distintos puntos del circuito de ventilación, cuya existencia se puede comprobar fácilmente midiendo la temperatura en diferentes lugares de la mina y observando que el aire fluye de las áreas donde la temperatura es mayor (donde hay mayor energía térmica) hacia las áreas de menor temperatura. El fenómeno es igual al que ocurre



en una chimenea, en la que el aire caliente desplaza al aire frío que se encuentra por encima de este.

Se trata de un fenómeno termodinámico análogo al que ocurre en un motor térmico; en calor proveniente de la roca constituye una fuente permanente de energía térmica, obligando al aire incrementar su volumen a presión constante. Esta expansión del aire viene acompañada de una reducción en su densidad, lo que le permite desplazarse a zonas de menor energía (más frías). En la medida en que existan en la mina zonas de menor energía térmica y la roca emita calor en forma continua, se producirá un flujo permanente de aire a través de las labores subterráneas que se conoce como ventilación natural.

Este aire se introduce por la bocamina principal de ingreso, recorriendo el flujo del aire por la totalidad del circuito de ventilación, hasta la salida del aire por la otra bocamina. Para que funcione la ventilación natural tiene que existir una diferencia de alturas entre las bocaminas de entrada y salida. En realidad, más importante que la profundidad de la mina es el intercambio termodinámico que se produce entre la superficie y el interior. La energía térmica agregada al sistema se transforma a energía de presión, susceptible de producir un flujo de aire (el aire caliente desplaza al aire frío produciendo circulación).

La ventilación natural es muy cambiante, depende de la época del año, incluso, en algunos casos, de la noche y el día.

Dado que, la ventilación natural es un fenómeno de naturaleza inestable y fluctuante, en ninguna faena subterránea moderna debe utilizarse como un medio único y confiable para ventilar sus operaciones.

#### **2.3.3.1.2. Determinación de la dirección e intensidad de la ventilación natural**

Es muy fácil predecir la dirección e intensidad del flujo natural del aire:

- Visualizar las columnas de aire de igual altura entre dos líneas horizontales comparándolos con la diferencia de presiones entre otras partes del circuito.
- Hacer un control de las temperaturas superficiales en cada estación del año, es más, controlando en determinadas horas del día.



- Para determinar la dirección del flujo se hace que deje de funcionar el ventilador y haciendo humear una mecha de seguridad se observa la dirección del flujo, o también observando el sentido de giro de las paletas del anemómetro.

Es importante conocer la intensidad de la ventilación natural, ya que muchas veces satisface los requerimientos de aire en la mina.

Cuando trabaja en combinación con la ventilación mecánica se deberá determinar el porcentaje de aire natural que ingresa a la mina, ya que en casos de emergencia o cuando no se tenga ventilación mecánica, se pueda aprovechar racionalmente el aire natural en lugares prioritarios.

Existen varios métodos para el cálculo de la presión de ventilación natural, basados en alturas de columnas de aire, la que utilizaremos es:

$$H_n = (L/5.2) * (W_d - W_a)$$

Dónde:

- ✓  $W_d$  = densidad de aire promedio en la bocamina, en lb/pies<sup>3</sup>.
- ✓  $W_a$  = densidad de aire promedio en la salida de la mina, en lb/ pies<sup>3</sup>.
- ✓  $L$  = diferencia de niveles entre la entrada y salida de aire, en pies.

Además, sabemos que la densidad es función de la presión barométrica ( $B$ ), de la altitud de lámina ( $h$ ), y de la temperatura de ingreso y de salida de la mina, en °R, entonces:

$$W = 1.327 * B / T$$

$$B = \frac{30}{(1.019)^{(h/T)}} \times Hg.$$

Combinando estas ecuaciones y reemplazando en la ecuación general, calculamos la presión de ventilación natural.



### **2.3.3.1.3. Curva característica de la ventilación natural**

Es obtenido plateando la presión de ventilación natural versus el caudal de aire. Esta curva resulta de ser una línea recta debido a que un cambio en el caudal de aire circulando proporcionado por otro medio mecánico no influye ni afecta a la presión natural.

La presión natural solo podrá variar, al modificar la estructura de la mina, porque es independiente de la resistencia de la mina y el caudal de aire.

### **2.3.3.2. Ventilación mecánica**

#### **2.3.3.2.1. Generalidades**

Cuando la ventilación natural no es suficiente para los requerimientos de la mina, se utilizan los ventiladores que generan directamente la corriente de aire debido a que producen depresión o sobrepresión, según actúen como, aspirante o impelente.

Los ventiladores de acuerdo a sus dimensiones y características trabajarán en ventilación principal, secundaria o auxiliar; generalmente se emplean de tipo axial.

La más importante medida de performance de un ventilador, está en la presión y caudal que desarrollan, independiente del tipo de uso que se le dé.

Describiremos a continuación las ecuaciones y leyes que rigen la ventilación mecánica; sin profundizar en el tema ya que no es propósito de este trabajo.

La ventilación mecánica es ocasionada por la presión que ejerce un ventilador sobre una masa de aire que envía o succiona aire y el cual es accionado por un motor eléctrico que le permite una constante presión sobre el aire que transporta y en una cantidad fija. Esta ventilación requiere energía eléctrica, que puede ser producida a base del petróleo o de hidroeléctricas y en esto que la ventilación minera sea más cara o más económica respectivamente por tonelada de mineral extraído. (Zitron, 2007)

Es la ventilación secundaria y son aquellos sistemas que haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando



para ello los circuitos de alimentación fresco y de evaluación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.

El caudal de aire es la cantidad de aire que ingresa a la mina y que sirve para ventilar labores, cuya condición debe ser que el aire fluya de un modo constante y sin interrupciones, el movimiento de aire se produce cuando existe una alteración de equilibrio: diferencia de presiones entre la entrada y salida de un ducto, por causas naturales (gradiente térmica) o inducida por medios mecánicos. (Ramírez J.,2005).

Reglas de Ventiladores:

- ✓ La presión requerida es directamente proporcional a la longitud
- ✓ La presión es directamente proporcional a perímetro.
- ✓ La potencia requerida es directamente proporcional al cubo de la velocidad o volumen.
- ✓ La presión requerida es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad o volumen. (Mallqui T. A.1981).

#### 2.3.3.2.2. Presión total de ventilación

$$h_{total} = h_s \times h_y$$

Dónde:

- $h_s$  = presión estática del ventilador, traducido como la cantidad de presión desarrollada por un ventilador capaz de vencer la resistencia de las labores, al pasar por ellas.
- $h_y$  = presión de velocidad del ventilador, traducido como la cantidad de presión desarrollada por un ventilador, necesario para impulsar un volumen dado de aire con una velocidad suficiente para recorrer los diferentes conductos; luego:

$$h_s = \frac{K \times P \times (L + L_e) \times Q^2}{5.2 \times A^3} \text{ "H}_2\text{O.}$$

$$h_y = W \times (V / 1098)^2 \text{ "H}_2\text{O.}$$

Dónde:

- ✓  $W$  = densidad del aire del lugar, en lb/pies<sup>3</sup>.
- ✓  $V$  = velocidad promedio del aire a la salida del ventilador, en cfm.



### 2.3.3.2.3. Potencia para mover el aire (AHP)

AHP = Air Horse Power, conocido como potencia útil.

$$AHP = \frac{Q \times H_t}{6356} \times \text{hp.}$$

Dónde:

- ✓ Q = capacidad del ventilador, en cfm.
- ✓ H<sub>t</sub> = presión total del ventilador, en h<sub>2</sub>O

### 2.3.3.2.4. Potencia suministrada al ventilador (BHP)

BHP = Breake Horse Power; es la potencia alimentada al eje del ventilador, conocida como "Potencia al Freno".

$$BHP = \frac{Q \times H_t}{6356 \times N} \times \text{hp}$$

Dónde:

N = eficiencia total del ventilador, en %.

### 2.3.3.2.5. Rendimiento del ventilador (N).

$$N = (AHP/BHP) \times 100 \%$$

## 2.4. LEYES BÁSICAS DE LOS VENTILADORES.

En ocasiones, particularmente al hacer pruebas o en puntos de operaciones de galerías es necesario determinar las características bajo condiciones completamente diferentes, envolviendo cambios simultáneos en dos o más variables (velocidad, diámetro y densidad); así:

a.- Cambio de velocidad.



Para un ventilador con una velocidad de aire y diámetro constante:

1. El volumen varía directamente proporcional con la velocidad del ventilador:

$$Q1/Q2 = RPM1/RPM2$$

2. Las presiones estáticas o totales varían con el cuadrado de la velocidad o volumen del ventilador:

$$H1/H2 = (RPM1/ RPM2) ^2$$

3. La potencia al freno del ventilador varía como el cubo de la velocidad o el volumen del ventilador:

$$BHP1/ BHP2= (RPM1/RPM2) ^3$$

Luego; para los tres casos las eficiencias son independientes a las velocidades:

$$N1 = N2.$$

b.- Cambio de densidad.

Para un ventilador funcionando con una densidad de aire variable, con un diámetro y RPM constantes y una posición de hélice fija:

1. El volumen permanece constante:

$$Q1 = Q2$$

2. La presión estática o total y la potencia al freno varían directamente proporcional con el valor de la densidad:

$$H1/H2 = W1/W2 \text{ y } BHP1 / BHP2 = W1 /W2$$

Luego; las eficiencias son independientes de las densidades

c.- Cambio de diámetro.

Un ventilador de diámetro variable y permaneciendo constante la velocidad y la densidad del aire:

1. Los volúmenes de aire son proporcionales al cuadrado de sus diámetros:

$$Q1 / Q2 = (D1 / D2) ^2$$



2. Las potencias son proporcionales al cuadrado de los diámetros:

$$BHP1 / BHP2 = (D1 / D2)^2$$

3. Las presiones son independientes de los diámetros:

$$H1 / H2 = \dots$$

Luego; las eficiencias son independientes de los diámetros:

$$N1 = N2$$

#### **2.4.1. Ventilación principal.**

Se conoce como tal, al sistema de ventilación actuante estratégicamente ubicado, de modo tal que cubra la totalidad de la mina, es decir domina todo el aire entrante o saliente de la mina.

Puede constituir de uno o varios ventiladores, a través de los cuales pasen todo el caudal de la mina.

La resistencia del sistema es función del diseño y mantenimiento de los conductos y es generalmente controlado por las operaciones de la mina; así las características del ventilador son diseñadas teniendo en cuenta la resistencia y condiciones de la mina, para tener una ventilación principal eficiente y adecuada.

#### **2.4.2. Ventilación auxiliar.**

La necesidad de una buena y eficiente ventilación auxiliar aumenta a medida que las minas se desarrollan y se crean frentes ciegos, donde la ventilación principal no alcanza.

La ventilación en frentes ciegos generalmente usamos para extraer el aire contaminado, y proveer un caudal de aire puro para tener un ambiente sano.

Este sistema está compuesto por el ventilador y sus respectivos ductos o mangas, que son instalados a lo largo de la labor; pudiendo trabajar en forma aspirante, impelente o combinado.



Cuando las labores a ventilar son cortas, generalmente se emplea el aire comprimido directamente por la manguera conductora, para esto no se necesita de instalaciones.

## **2.5. CLASIFICACIÓN DE COSTOS**

Los costos pueden ser clasificados de acuerdo con el enfoque que se les dé, tomando en consideración los costos más utilizados:

### **De acuerdo con la función en la que se originan:**

#### **a. Costos de Producción.**

Los costos que se generan en el proceso de transformar la materia prima en productos terminados, se subdividen en:

- Costos de Materia Prima. - El costo de materiales integrados al producto
- Costos de Mano de Obra. - El costo que interviene directamente en la transformación del producto.
- Costos Indirectos de Fabricación. - Los costos que intervienen en la transformación de los productos, con excepción de la materia prima y mano de obra

#### **b. Costos de Distribución o Venta.**

Los originados en el área que se encarga de llevar el producto desde la empresa hasta el último consumidor, ejemplo: publicidad.

#### **c. Costos de Administración.**

Los que se originan en el área administrativa, como son: sueldos, teléfono,

### **De acuerdo con su comportamiento:**



### **Costos Variables.**

Los que cambian o fluctúan en relación directa con una actividad o volumen dado. Dicha actividad puede ser referida a producción o ventas; la materia prima cambia de acuerdo con la función de producción y las comisiones de acuerdo con las ventas.

#### **a. Costos Fijos.**

Los que permanecer constantes dentro de un periodo determinado, sin importar si cambia el volumen, ejemplo: sueldos, alquiler de edificio, etc.

### **De acuerdo con su importancia para la toma de decisiones:**

#### **a. Costos Relevantes.**

Se modifican o cambian dependiendo de la opción que se adopte; también se les conoce como costos diferenciales. La depreciación del edificio permanece constante, por lo que los primeros son relevantes, y el segundo irrelevante para tomar la decisión.

#### **b. Costos Irrelevantes.**

Aquellos que permanecen inmutables, sin importar el curso de acción elegido. Esta clasificación nos ayudará a segmentar las partidas relevantes e irrelevantes en la toma de decisión.

### **2.5. Costos a considerarse**

En el presente trabajo de investigación se ha considerado los costos variables, dado que cambian o fluctúan en relación directa con una actividad o volumen dado. Dicha actividad de ventilación de las labores influye en los resultados de la producción del mineral.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Pertenece al tipo básico experimental.

#### 3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación es descriptivo.

#### 3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es cuasi experimental para determinar los costos y la efectividad de la ventilación mecánica en la mejora de las labores mineras en la Unidad Minera San Andrés – MARSА

#### 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

- Población.

La población está constituida por las labores de la Unidad Minera San Andrés - MARSА.

- Muestra.

La muestra está conformada por el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés - MARSА.

#### 3.5. MÉTODOS.

- Observación directa de los instrumentos al aire de mina en las labores desarrollados en la Mina

#### 3.6. TÉCNICAS.

- Observación consiste en percibir las condiciones ambientales de la mina y registro de datos en el campo.



### 3.7. INSTRUMENTOS.

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Anemómetro marca Kestrel 4300.**

Instrumento utilizado para medir directamente la velocidad, del aire circulante en una galería (pies/min; m/s); tal velocidad registrada, más la sección transversal de la galería ( $\text{pies}^2$ ;  $\text{m}^2$ ), nos permite el cálculo del caudal de aire circulante en dicha galería.

- **Tubos de humo.**

Este instrumento de sencilla fabricación, permite determinar el sentido y velocidad de pequeños flujos de aire en galerías.

### 3.8. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

La información recolectada será representada en cuadros.

### 3.9. MÉTODO PARA LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### Para el objetivo específico 1

La evaluación de la distribución de ventiladores principales y secundarios en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА, se realizara primeramente la medición de las estaciones principales que serán tomadas en las bocaminas (BM) y chimeneas donde ingresa o sale el aire a superficie, en una distribución sistemática, se procederá a evaluar la cantidad de los ventiladores que son de 20,000 cfm y de una presión de 8 pulg, que son de marca Montalván Verastegui, cuya data se llevara un Registro, determinándose el porcentaje de déficit de aire, para posteriormente realizar una evaluación de los ventiladores y determinar su distribución, para cubrir el déficit de aire.

#### Para el objetivo específico 2

Para determinar los costos de ventilación en el nuevo diseño de ventilación del nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА, con el nuevo diseño se realizó el cálculo con los nuevos requerimientos de aire limpio que asciende a 72,287.20 cfm con ventiladores de 10,000 cfm de presión de 12 pulg/ $\text{h}_2\text{O}$ , de marca AIRTEC. Con lo cual se logrará optimizar los costos a incurrirse.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Realizar un nuevo diseño del circuito de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSA, se optimizará el circuito de ventilación.

##### 4.1.1. Requerimientos de aire.

En todas las labores subterráneas se mantendrá un aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes, de acuerdo al número de trabajadores, con el total de HPs de los equipos con motores de combustión interna, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5 % de oxígeno.

Las labores de entrada y salida de aire deberán ser absolutamente independientes. El circuito general de ventilación se dividirá en el interior de las minas en ramales para hacer que todas las labores en trabajo reciban su parte proporcional de aire limpio y fresco.

Cuando las minas se encuentren hasta un mil quinientos (1500) msnm, en los lugares de trabajo la cantidad mínima de aire necesaria por hombre será de 3 metros cúbicos por minuto.

En otras altitudes la cantidad de aire será con la siguiente escala:

- ✓ 1500 m. a 3000 m. se aumenta en 40 %, que será igual a 4 m<sup>3</sup>/min
- ✓ 3000 m. a 4000 m. se aumenta en 70 %, que será igual a 5 m<sup>3</sup>/min
- ✓ Sobre los 4000 m. se aumenta en 100%, que será igual a 6 m<sup>3</sup>/min.

Para los equipos diésel la cantidad de aire circulante no será menor de 3 metros cúbicos por minuto por cada HP que desarrollen los equipos. En ningún caso la velocidad del aire será menor a 20 metros por minuto en las labores de explotación (D.S. N° 024 – 2016- EM, artículo 246 – artículo 247).

La Ventilación en el 2270 es necesaria para dar continuidad a los trabajos de exploración, desarrollo, preparación y explotación.



Se ha programado un incremento de la producción para el año 2019 de 170 Tms/día a 350 Tms/día, originando un aumento de labores en interior mina. De manera similar se tiene programado un incremento del metraje de avances en la profundización al Nv: 2220. Debido a este incremento no contamos con el caudal y velocidad suficiente.

Tenemos labores que requieren ser trabajadas y se encuentran paralizadas por falta de ventilación. Realizaremos trabajos en la preparación en ventilación, optimizando los costos necesarios para nuestra producción anual. La tabla que se presenta es lo programado que se debe cumplir mensualmente en el año 2019 (Ver: Tabla 2).



**Tabla 2.** Labores paralizadas por falta de ventilación (programa mensual del 2019).

 <b>PROGRAMA DE AVANCES Y PRODUCCIÓN - 2019</b> <small>MINERA ALURIFERA RETAMAS S.A.</small>							Ventilación		
Veta	Nivel	Labor	Sección (m)			Proceso	Cod.	Potencia M (CFM)	Estado
			Ancho	Alto	S				
<b>EXPLORACIÓN</b>									
C-E	2270	GL-2220-N(E)	2.4	2.7	6.48	Exploración	6	10	Op.
C-E	2270	GL-2220-S(E)	2.4	2.7	6.48	Exploración	6	10	Op.
C-E	2270	SN-2212 N	2.4	2.7	6.48	Exploración	SV		
C-W	2270	ES-1 CH-E4	2.4	2.4	5.76	Exploración	5	20	Op.
C-W	2270	CH-E4	2.4	1.5	3.6	Exploración	5	20	Op.
C-E	2320	CH-D7	2.4	1.5	3.6	Exploración	SV		
C-E	2320	GL 3270 N	2.4	2.7	6.48	Exploración	SV		
C-W	3290	GL 29083 N	2.4	2.7	6.48	Exploración	5	20	Op.
<b>ALTERNATIVOS</b>									
C-W	2220	GL-2220 N (W)	2.4	2.7	6.48	Exploración	5	20	Op.
<b>DESARROLLO</b>									
C-E	2220	RP-Patrick	3	3	9	Desarrollo	6	10	Op.
<b>PREPARACIÓN</b>									
C-E	2220	ES-29295-SW	2.4	2.4	5.76	Preparación	SV		
C-E	2220	CH-29295	2.4	2.4	5.76	Preparación	SV		
C-E	2220	CH-C5	2.4	1.5	3.6	Preparación	SV		
C-E	2220	EST CHI E8	2.4	2.4	5.76	Preparación			
C-E	2220	CHI E8	2.4	1.5	3.6	Preparación			
<b>TABLA DE MÉTODOS Y TIPO DE ROCA</b>									
Veta	Nivel	Labor	Blocks	Método Minado	Método Perforación	Tipo de Roca	Cod.	Potencia	Estado
C-E	2270	TJ - D3	D3	CRDC	Realce	IV A	AC		
C-E	2270	Tj-D5	D5	CRDM	Breasting	IV B	AC		
C-E	2270	TJ - D5_B	D5	CRDC	Realce	III B	AC		
C-E	2220	TJ - E7-A	E7	CRDM	Realce	IV A	AC		
C-E	2220	TJ - E7-B-S	E7	CRDM	Breasting		AC		
C-E	2220	TJ - E7-B-N	E7	CRDM	Breasting		AC		
C-E	2220	TJ - E8	E8	CRDC	Breasting	IV B	AC		
C-E	2220	TJ - E8-B	E8	CRDC	Breasting	IV B	AC		
C-E	2220	TJ - E10_2	E10-A	CRDM	Realce	IV B	6	10	Op.
C-E	2220	TJ - E10_3-S	E10-B	CRDC	Realce	IV B	6	10	Op.
C-E	-	Avances							
<b>TOTAL</b>									

Se realizó el programa de producción mensual con las labores que tenían ventiladores instalados operativos, las demás labores quedaron paralizadas por falta de ventilación. Al aumentar los frentes de trabajo se tuvo que aumentar los ventiladores para obtener ambientes adecuados cumpliendo con los L.M.P.



#### **4.1.2. Alcance**

La evaluación del sistema de ventilación se desarrolla en base a las mediciones de velocidad de aire y secciones tomados en campo, teniendo en cuenta los costos de estos y otros parámetros como: mangas utilizadas, accesorios, distancia hacia los frentes de trabajo. Contando con ventiladores en stand-by, para cualquier emergencia que pudiera ocurrir.

El objetivo de cambiar ventiladores es mejorar el sistema de ventilación de la mina para alcanzar una velocidad mínima de 20 m/min para el uso de emulsión. Para lograr esto se debe:

- Realizar una distribución adecuada de ventiladores teniendo en cuenta los siguientes parámetros: capacidad del ventilador (caudal, presión), distancia de las labores desde el punto de toma de aire, requerimiento de aire, sección de la labor, distancia hacia los puntos de extracción de aire.
- Mejorar las condiciones ambientales de las labores de trabajo en interior mina extrayendo el aire viciado y evitando que reingrese a otras labores mediante chimeneas exclusivas de extracción.

#### **4.1.3. Ventiladores**

En el Nv. 2270 se cuenta con 06 ventiladores asignados para la operación: 01 ventilador extractor, 02 operativos y 03 ventiladores en mantenimiento (Lima). Sin tener un ventilador como stand by en caso de problema con alguno de los otros ventiladores.

#### **4.1.4. Distribución de ventiladores**

Se tienen distribuidos 05 ventiladores de marca Montalván Verastegui con capacidad de 20,000 cfm con presión de 8 pulg/H<sub>2</sub>O. Se tiene en orden de compra para reemplazo de los que están en operación y mantenimiento con los de Airtec de 10,000 cfm con presión de 12 pulg/H<sub>2</sub>O, llegando a mina en el transcurso de los meses y en la aprobación de un ventilador de 60,000 cfm para cubrir la necesidad del aire viciado por el avance de las labores y la profundización (Ver Cuadro N° 2).

Tabla 3. Disposición de ventiladores en el Nv. 2270.

NIVEL: 2320

Nº	VENT. CODIGO	TIPO	MARCA	POTENCIA		TENSION VOLTIOS	CAPACIDAD CFM	PRESION		UBICACION NIVEL	HORAS PROGR.	MANGAS (mts)	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
				HP	KW			mm H <sub>2</sub> O	Pulg H <sub>2</sub> O					
1	V - 03	AUXILIAR ELECTRICO	MONTALVO	30		440	30,000	8		2320	720 (+)	30	02 mangas de 24" x 15 mts.	Instalado en forma impelente para extraer el aire viciado de interior mina.

NIVEL: 2270

Nº	VENT. CODIGO	TIPO	MARCA	POTENCIA		TENSION VOLTIOS	CAPACIDAD CFM	PRESION		UBICACION		HORAS PROGR.	MANGAS (mts)	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
				HP	KW			mm H <sub>2</sub> O	Pulg H <sub>2</sub> O	NIVEL	LABOR				
2	V - 01	AUXILIAR ELECTRICO	MONTALVO	25		440	20,000	8		Superficie	BP: 2270-2	720	75	<b>MANTENIMIENTO</b>	Instalado en forma impelente para extraer el aire viciado de interior mina direccionado al Orr-Pass
3	V - 02	AUXILIAR ELECTRICO	MONTALVO	25		440	20,000	8		2270	EST. 2 (RP: 2270)	720	150	06 mangas de 24" x 15 mts. 04 mangas de 18" x 15 mts.	Ventila a la Rampa 2270 Ventila a la S/N: 2204
4	V - 04	AUXILIAR ELECTRICO	MONTALVO	25		440	20,000	8		2270	RP: 2270 (BODEGA RESCATE)	720	210	04 mangas de 24" x 15 mts. 10 mangas de 18" x 15 mts.	Ventila al Subnivel 2274- N
5	V - 05	AUXILIAR ELECTRICO (Nuevo)	AIRTEC	30		440	10,000	12		2270	RP: 2270 (BODEGA RESCATE)	720	405	06 mangas de 24" x 15 mts.	Ventila a la Est.1 de la Rampa 2270 (Pulmon)
6	V - 06	AUXILIAR ELECTRICO	MONTALVO	25		440	20,000	8		Superficie	TALLER DE MANTTO	720		<b>MANTENIMIENTO</b>	
4	VENTILADORES EN OPERACION.														
															870

Se tiene 06 ventiladores instalados en el nivel 2270 para ventilar las labores específicamente con sus características, se realizan cambios cuando cumplen sus horas programadas. Su respectivo mantenimiento puede ser realizado en las mismas instalaciones de la unidad minera (taller de mantenimiento), cuando es una falla de mayor fuerza se traslada a su proveedor para que puedan realizar las verificaciones y/o cambio de ventilador (verificando el certificado de garantía).

Se tiene un control de las mangas y accesorios instalados en cada ventilador con el direccionamiento hacia sus labores especificando el diámetro de manga y los metros instalados. La tabla se debe mantener actualizada para el informe mensual.



## 4.2. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

El incremento de la producción de mineral en mina, origina el incremento de labores y distancia de ventilación. Este incremento de labores, como se mencionó anteriormente es principalmente en explotación y preparación. Adicionalmente se está dando énfasis a la exploración que se encuentra al extremo de la fuente de aire fresco. Debido a estos motivos es que no se cuenta con los ventiladores necesarios para cubrir la demanda de aire fresco en las labores.

El incremento de labores de avance comparando con los programas de mes a mes del 2019 es de acuerdo a la siguiente Tabla N°4, con un porcentaje de incremento de 190 % (Ver: Tabla 4).

En los meses anteriores los ventiladores Montalván Verastegui de 20,000 cfm estuvo ventilando las labores y una distancia que superaba los 300 m aprox. Con baja presión, lo que originaba deficiencia de velocidad de aire en las labores, promedio 15 m/min, no se logra alcanzar la velocidad requerida de 20 m/min con el uso de Emulnor, entonces ahora para mejorar la velocidad de aire se tendrá que ventilar como máximo con ventilador de 30 hp para una sección típica de 2.7m.x2.4m., tenemos que incrementar la potencia de los ventiladores para cubrir la necesidad de velocidad de aire en las labores y por el incremento de la producción y avances con respecto a los meses anteriores del 2018 - 2019.



**Tabla 4.** Avances programados en los meses para el periodo del año 2019.

Veta	Nivel	Labor	Sección (m)			Proceso
			Ancho	Alto	S	
<b>EXPLORACIÓN</b>						
C-E	2220	GL-2220-N(E)	2.4	2.7	6.48	Exploración
C-E	2220	GL-2220-S(E)	2.4	2.7	6.48	Exploración
C-E	2220	SN-2212 N	2.4	2.7	6.48	Exploración
C-W	2220	ES-1 CH-E4	2.4	2.4	5.76	Exploración
C-W	2220	CH-E4	2.4	1.5	3.6	Exploración
C-E	2270	CH-D7	2.4	1.5	3.6	Exploración
C-E	2270	GL 2270 N	2.4	2.7	6.48	Exploración
C-W	2270	GL 29083 N	2.4	2.7	6.48	Exploración
ALTERNATIVOS						
C-W	3290	GL-2220 N (W)	2.4	2.7	6.48	Exploración
<b>DESARROLLO</b>						
C-E	3240	RP-CHIMU	3	3	9	Desarrollo
<b>PREPARACIÓN</b>						
C-E	3290	ES-29295-SW	2.4	2.4	5.76	Preparación
C-E	3290	CH-29295	2.4	2.4	5.76	Preparación
C-E	3390	CH-C5	2.4	1.5	3.6	Preparación
C-E	3290	EST CHI E8	2.4	2.4	5.76	Preparación
C-E	3290	CHI E8	2.4	1.5	3.6	Preparación

Se realiza los avances programados de las labores en exploración, desarrollo y preparación. Se planifica de acuerdo a lo programado la ventilación para mantener el desarrollo de la mina en ambientes adecuados.



#### 4.2.1. Requerimiento de ventiladores

Para mejorar la velocidad y presión de aire en las labores se requiere cambiar ubicaciones y la presión de los ventiladores 8.0 a 12.0 pul/h<sub>2</sub>o.

### 4.3. CRITERIO PARA EL REQUERIMIENTO DE VENTILADORES

#### 4.3.1. Incremento de labores

Se incrementó las labores en interior mina y distancia de profundización. No se incrementó ventiladores (Ver: tabla 2).

#### 4.3.2. Cálculo para la selección de ventiladores para una labor

Se realizaron los cálculos generales para realizar el balance integral de ventilación en el Nv. 2270 (Ver: tabla 7).

##### 4.3.2.1. Caudal requerido por el N° de personas y equipo diésel en un frente

La demanda de aire fresco ha sido calculada de acuerdo con las especificaciones del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM.

**Tabla 5.** Caudal requerido por persona sobre los m.s.n.m.

PERSONAL	0 a 1500 m.s.n.m.	3m <sup>3</sup> /min	105.9 cfm
	1500 a 3000 m.s.n.m.	4m <sup>3</sup> /min	141.3 cfm
	3000 a 4000 m.s.n.m.	5m <sup>3</sup> /min	176.6 cfm
	a mas de 4000 m.s.n.m.	6m <sup>3</sup> /min	211.9 cfm
DIESEL	-	3m <sup>3</sup> /min/HP	105.9 cfm/HP

Entonces de acuerdo al cuadro el caudal mínimo requerido por persona es 5 m<sup>3</sup>/min.



#### 4.3.2.1.1. Caudal requerido por el N° de personas

Para una labor típica se mide la sección de la labor se agrega el factor de corrección por el diseño se sección para obtener el área real.

**Tabla 6.** Caudal requerido por persona.

Dimension de labor		Factor de Correccion	Area Real (m <sup>2</sup> )	# de Persona en Labor
Programado				
Ancho (m)	Alto (m)			
2.4	2.7	0.9	5.83	3

- Considerando # de Persona en labor 01 Supervisor, 01 Maestro y 01 Ayudante.
- Por la forma de arco de la labor y manga de ventilación instalada, factor de corrección 0.9

FORMULAS:

$$Q = K \times N \text{ (m}^3/\text{ min.)}$$

Dónde:

Q =Caudal total para “N” personas que trabajen en interior de la labor

K =Caudal mínimo por persona.

N =Número de personas en el lugar

$$Q1 = 3 \times 5 \text{ m}^3/\text{min} = 15 \text{ m}^3/\text{ min}$$

(3 personas: 01 Supervisor, 01 Maestro y 01 Ayudante). Sabiendo que un 1 m<sup>3</sup>/min es igual 35.3147 CFM, tenemos:

$$Q1 = 15 \times 35.3147 = 259.7205 \text{ CFM}$$



#### 4.3.2.2. Caudal requerido para una velocidad de 20 (m/min)

FORMULAS:

$$Q = V \times A \text{ (m}^3\text{/min.)}$$

Dónde:

Q = Caudal total para una velocidad de 20 m/min.

V = Velocidad de aire mínima para una labor, 20 m/min

A = Área de labor para una sección 2.7m x 2.4m

Para uso de emulsión velocidad requerida 20 m/min

$$Q_2 = 20 \times 5.83 \text{ m}^3\text{/min} = 116.6 \text{ m}^3\text{/min}$$

Sabiendo que un 1 m<sup>3</sup>/min es igual 35.3147 CFM, tenemos:

$$Q_2 = 116.6 \times 35.3147 = 3088.27 \text{ CFM}$$

#### 4.4. BALANCE INTEGRAL DE VENTILACIÓN EN EL NV. 2270

Para el balance se realizan los cálculos de números de los equipos que operan en el nivel 2270, la guardia de turno con más personal incluidos operadores y el consumo de madera. Realizando los cálculos respectivos se obtendrá el total de los caudales (cfm) requeridos para optimar la ventilación.



**Tabla 7. Balance integral del Nv. 2270.**

EQUIPOS					CAUDAL (CFM)
<b>TOTAL</b>					<b>25,172.52</b>
PERSONAL:	EMPLEADO	OBRERO	Total Trabajador x Guardia		Caudal de aire en (CFM)
2270 y 2220	4	25	29	5	5,120
GAL. 2320	2	10	12	5	2,119
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>5</b>	<b>7,239</b>
MADERA	Producción por Guardia ( <sup>TM</sup> )	Sost. Madera (%)	Factor de Producción (m3/min)		Caudal de aire en (CFM)
Nv. 2270	57	20%	0.6	34	1,197
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>			<b>34</b>	<b>1,197</b>

#### 4.5. BALANCE DE CAUDALES EN EL NV. 2270

Balance programado en los primeros 06 meses del año 2019. Con el nuevo diseño de ventilación se incrementará y optimizará nuestros ingresos aire limpio según lo avances en labores y profundización (Ver tabla 8).

**Tabla 8. Programación de los próximos 6 meses en el Nv. 2270.**

I - BALANCE DE CAUDALES DE AIRE:													
INGRESOS:	LABOR	Ancho m	Alto m	Area m <sup>2</sup>	PROMEDIO m <sup>3</sup> /seg	Velocidad m <sup>3</sup> /seg	Velocidad m <sup>3</sup> /min	CFM ENERO 2019	CFM FEBRERO 2019	CFM MARZO 2019	CFM ABRIL 2019	CFM MAYO 2019	CFM JUNIO 2019
EV - RP. 2270	Nv. 2270	3.00	3.00	9.00	1.50	13.50	769.50	23,500	23,500	23,500	23,500	23,500	23,500
EV - RP. 2320	Nv. 2320	2.70	2.40	6.48	0.20	1.30	73.87	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500
EV - RP. 2220	Nv. 2220	4.00	4.00	16.00									
TOTAL								31,000	31,000	31,000	31,000	31,000	31,000
II - NECESIDADES DE AIRE:													
SALIDAS:	LABOR	Ancho m	Alto m	Area m <sup>2</sup>	PROMEDIO m <sup>3</sup> /seg	Velocidad m <sup>3</sup> /seg	Velocidad m <sup>3</sup> /min	CFM JULIO 2019	CFM AGOSTO 2019	CFM SEPTIEMBRE 2019	CFM OCTUBRE 2019	CFM NOVIEMBRE 2019	CFM DICIEMBRE 2019
EV - RB	Nv. 2370 RB - GAL 2370	2.10	2.40	16.00	0.80	12.80	729.60	18,200	18,200	18,200	18,200	18,200	18,200
EV - CH	LAORES ABANDONADAS (6)	1.70	2.10			6.50	420.00	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
TOTAL								30,200	30,200	30,200	30,200	30,200	30,200
SUMATORIA DE CAUDAL REQUERIDO								CFM JULIO 2019	CFM AGOSTO 2019	CFM SEPTIEMBRE 2019	CFM OCTUBRE 2019	CFM NOVIEMBRE 2019	CFM DICIEMBRE 2019
1 - Equipos								18,210	18,210	18,210	18,210	18,210	18,210
2 - PERSONAL								7,239	7,239	7,239	7,239	7,239	7,239
3 - MADERA								1,197	1,197	1,197	1,197	1,197	1,197
								26,646	26,646	26,646	26,646	26,646	26,646
CAUDAL REQUERIDO POR FUGAS = 15%*SUMATORIA DE CAUDAL REQUERIDO								3,838	3,838	3,838	3,838	3,838	3,838
NECESIDADES (CAUDAL TOTAL PARA LA OPERACIÓN)								30,484	30,484	30,484	30,484	30,484	30,484
III COMPARACION:													
								CFM JULIO 2019	CFM AGOSTO 2019	CFM SEPTIEMBRE 2019	CFM OCTUBRE 2019	CFM NOVIEMBRE 2019	CFM DICIEMBRE 2019
Ingreso								31,000.0	31,000.0	31,000.0	31,000.0	31,000.0	31,000.0
Necesidades								30,484.0	30,484.0	30,484.0	30,484.0	30,484.0	30,484.0
SUPERAVIT								516	516	516	516	516	516

Una vez realizado los cálculos pertinentes en el ingreso y salida de aire se lograron determinar los siguientes datos (Ver tabla 9).

**Tabla 9. Resumen de parámetros.**

DESCRPCION	PARAMETROS
CFM requeridos	31,000 cfm
Diámetro de la manga	24 pulg. de Ø (60.69 cm)
Velocidad del aire en galería	769.50 m <sup>3</sup> /min
Velocidad de aire en la manga	1400 ft/m. (4396 cfm)



Teniendo en cuenta los siguientes detalles faltantes:

- El incremento de labores y profundización en interior mina es de 190 % en función al periodo que se espera llegar en 2020.
- Se tienen labores que no se programan por falta de ventiladores.
- No se han incrementado ventiladores auxiliares, ni se tiene ventiladores en stand by, para cubrir la necesidad del incremento de labores.
- En algunas labores no alcanzan la velocidad requerida, que actualmente es de 20 m/min con el uso de emulsión.
- Distancia entre el ventilador hasta la labor es mayor a lo requerido, debe estar dentro de lo requerido de 300 m.
- Solo se puede adicionar a nuestro circuito de 10,000 cfm con una presión de 12 pulg/H<sub>2</sub>O.
- Para mantener la velocidad de aire y cumplir con el requerimiento de aire en fresco en mina se tendrá de enseriar 02 los ventiladores de 10,000 cfm.

## **4.6. NUEVO DISEÑO DE VENTILACIÓN**

### **4.6.1. Balance integral de ventilación Nv. 2270**

Durante los últimos meses se mantuvo trabajando con 04 ventiladores instalados de Airtec de 10,000 cfm con presión de 12 pulg/h<sub>2</sub>o de forma impelente para ventilar las labores en interior mina y extraer direccionando el aire viciado generado por las operaciones en mina.

### **4.6.2. Distribución de ventiladores.**

Se realizaron los cambios de ventiladores de Montalván (20,000 cfm) a los ventiladores de Airtec de 10,000 cfm el cual se encuentran distribuidos de la siguiente manera (Ver tabla 10).

**Tabla 10. Disposición de ventiladores en el nuevo diseño del sistema de ventilación.**

NIVEL: 2320															
Nº VENT. CODIGO	TIPO	MARCA	POTENCIA		TENSION VOLTIOS	CAPACIDAD		PRESION		UBICACION		HORAS PROGR.	MANGAS (mts)	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
			HP	KW		CFM	M <sup>3</sup> /MIN	mm H <sub>2</sub> O	Pulg H <sub>2</sub> O	NIVEL	LABOR				
1	V-02	AIRTEC	30		440	30,000	12	0"EH20	2320	RP: 2320 (+)	720	15	01 manga de 30" x 15 mts. 09 manga de 18" x 15 mts.	Instalado en forma impelente para extraer el aire viciado de interior mina.  ventila a la ch.D6	
2	V-07	AIRTEC	30		440	10,000	12	0"EH20	2320	GAL: 2320-N	720	150			
NIVEL: 2220															
Nº VENT. CODIGO	TIPO	MARCA	POTENCIA		TENSION VOLTIOS	CAPACIDAD		PRESION		UBICACION		HORAS PROGR.	MANGAS (mts)	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
			HP	KW		CFM	M <sup>3</sup> /MIN	mm H <sub>2</sub> O	Pulg H <sub>2</sub> O	NIVEL	LABOR				
3	V-01	AIRTEC	30		440	10,000	12	0"EH20	2270	RP: 2270 (BODEGA RESCATE)	720	210	06 mangas de 24" x 15 mts. 08 mangas de 18" x 15 mts.	Ventila a la Rp (-) 2270 Ventila a la Tj: E8 Ventila a la Rp: 2270	
4	V-06	AIRTEC	30		440	10,000	12	0"EH20	2220	Gal: 2220 - S	720	195	06 mangas de 24" x 15 mts. 07 mangas de 18" x 15 mts.	Ventila a la Rp: 2270 y 2220 Ventila a la Gal: 2220	
5	V-05	AIRTEC	30		440	10,000	12	0"EH20	superficie	TALLER DE MANITTO	720			<b>stand by</b>  <b>Proyecto</b>	
6	V-08	AIRTEC	30		440	10,000	12	0"EH20	superficie	TALLER DE MANITTO	720			<b>stand by</b>  <b>Proyecto</b>	
4	VENTILADORES EN OPERACIÓN.														
													570		

El sistema de ventilación tiene un aumento de ingreso de aire por el cambio de los ventiladores que se generaron para el nuevo diseño más la conexión del Nv: 2220 y con el direccionamiento de aire con manga del V -07 instalado en la Gal 2320 – N.

#### 4.6.3. Balance integral en el Nv. 2270 con el nuevo diseño de ventilación

Se obtienen los datos de equipos, personal y madera para realizar el balance adecuado en el Nv. 2270.

**Tabla 11.** Balance integral de ventilación.

BALANCE INTEGRAL DE VENTILACIÓN NUEVO DISEÑO					
EQUIPOS	HP	N° DE EQUIPOS	3m3/min./HP	CAUDAL (CFM)	
SCOOP	135	3	1215	35,314	
TOTAL				42,906.51	
PERSONAL:	EMPLEADO	OBRERO	Total Trabajador x Guardia	DEMANDA DE AIRE A UN NIVEL DE 3000 - 4000 m.s.n.m. (5m3/min)	Caudal de aire en (CFM)
2270 y 2220	4	26	30	5	5,147
TOTAL					5,147
MADERA	Producción por Guardia (Tn)	Sost. Madera (20%)	Factor de Producción (m3/min)	Caudal de aire en (CFM)	
NV: 2270 Y 2220	45	<20	0	0	
TOTAL				0	

#### 4.6.4. Balance de caudales en el Nv. 2270

Balance en los últimos 04 meses del año 2019. Con el nuevo diseño de ventilación se incrementó y se optimizó nuestros ingresos aire limpio según los avances en labores y profundización.

**Tabla 12.** Balance de caudal de aire.

I - BALANCE DE CAUDALES DE AIRE:											
INGRESOS:	LABOR	Ancho m	Alto m	Area m <sup>2</sup>	PROMEDIO m <sup>3</sup> /seg	TOTAL m <sup>3</sup> /seg.	FACTOR DE CORRECCION POR AREA	60seg/1min.	TOTAL m <sup>3</sup> /seg.	1 m <sup>3</sup> /seg. En CFM 35.314	CFM NOVIEMBRE
EV - RP: 2270	Nv 2270	4.50	4.50	20.25	0.90	18.23	0.95	60	1039	36685.07	36,685
EV - RP.2320	Nv. 2320	2.70	2.40	6.48	0.65	4.21	0.95	60	240	8478.33	8,478
EV - RP.2220	Nv. 2220	3.50	3.50	12.25	1.10	13.48	0.95	60	768	27123.80	27,124
<b>TOTAL</b>										<b>72287.19</b>	<b>72,287</b>
II - NECESIDADES DE AIRE:											
SALIDAS:	LABOR	Ancho m	Alto m	Area m <sup>2</sup>	PROMEDIO m <sup>3</sup> /seg	TOTAL m <sup>3</sup> /seg.	FACTOR DE CORRECCION POR AREA	60seg/1min.	TOTAL m <sup>3</sup> /seg.	1 m <sup>3</sup> /seg. En CFM 35.314	CFM NOVIEMBRE
EV - BC	Nv. 2370 RB - GAL 2370	2.70	2.40	6.48	1.20	7.78	0.95	60	443.23	15,652.47	15,652.472
LABORES ARTESANALES (6)	LAORES ABANDONADAS (6)	1.70	1.50	2.55	0.55	1.40	0.95	60	79.94	2,823.12	16,938.729
<b>TOTAL</b>											<b>32,591</b>
SUMATORIA DE CAUDAL REQUERIDO											CFM NOVIEMBRE 2019
1 - EQUIPOS											42,907
2 - PERSONAL											5,147
3 - MADERA											0
<b>TOTAL</b>											<b>48,054</b>
CAUDAL REQUERIDO POR FUGAS = 15% * SUMATORIA DE CAUDAL REQUERIDO											7,208
NECESIDADES (CAUDAL TOTAL PARA LA OPERACIÓN)											<b>55,262</b>
III COMPARACION:											
Ingreso											<b>72,287.2</b>
Necesidades											<b>55,261.7</b>
<b>SUPERAVIT</b>											<b>17,026</b>

De esta manera obtenemos un ingreso total de aire de 72,287 cfm. Y una necesidad total de 55.262 cfm en operación por equipo, personal, madera, teniendo un superávit de 17.026 cfm.

#### 4.6.5. Cuadros de curvas de operación

##### 4.6.5.1. Ventilador de 10,000 cfm - Airtec

DATOS:

CAUDAL: 10,000 cfm

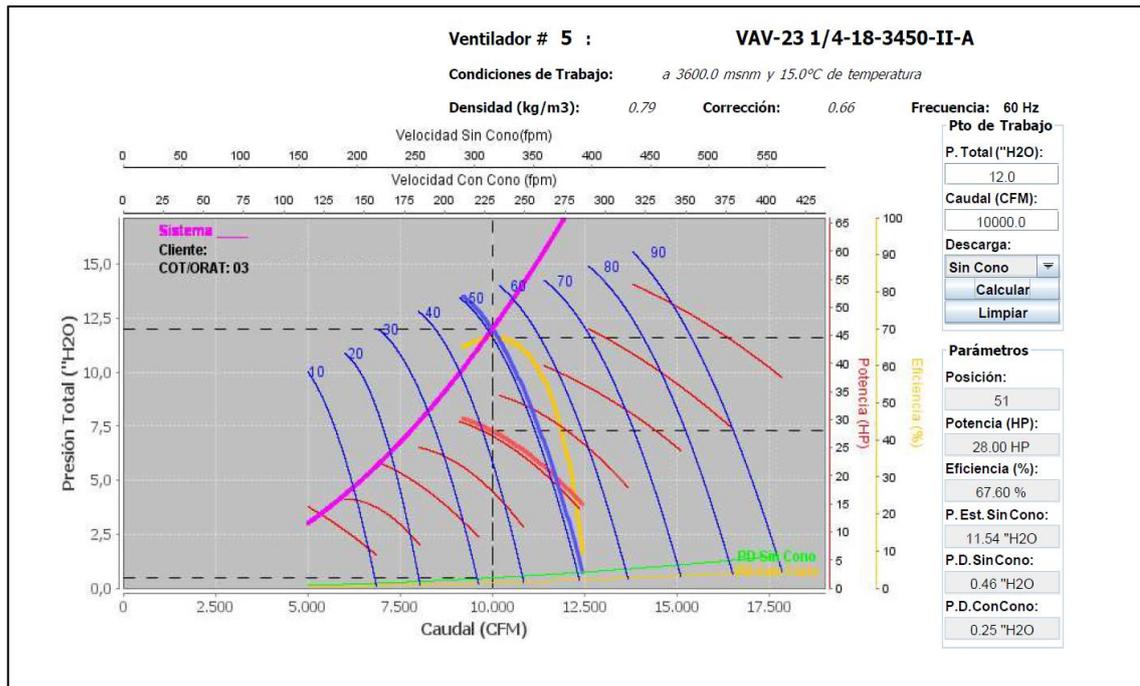
PRESIÓN TOTAL: 12 "h<sub>2</sub>O

MODELO: VAV-25 ¼-18-3450-II-A

Nº ETAPA: DOBLE

POTENCIA MOTOR: 28.00 hp

ALTURA DE OPERACIÓN: 3600 m.s.n.m.

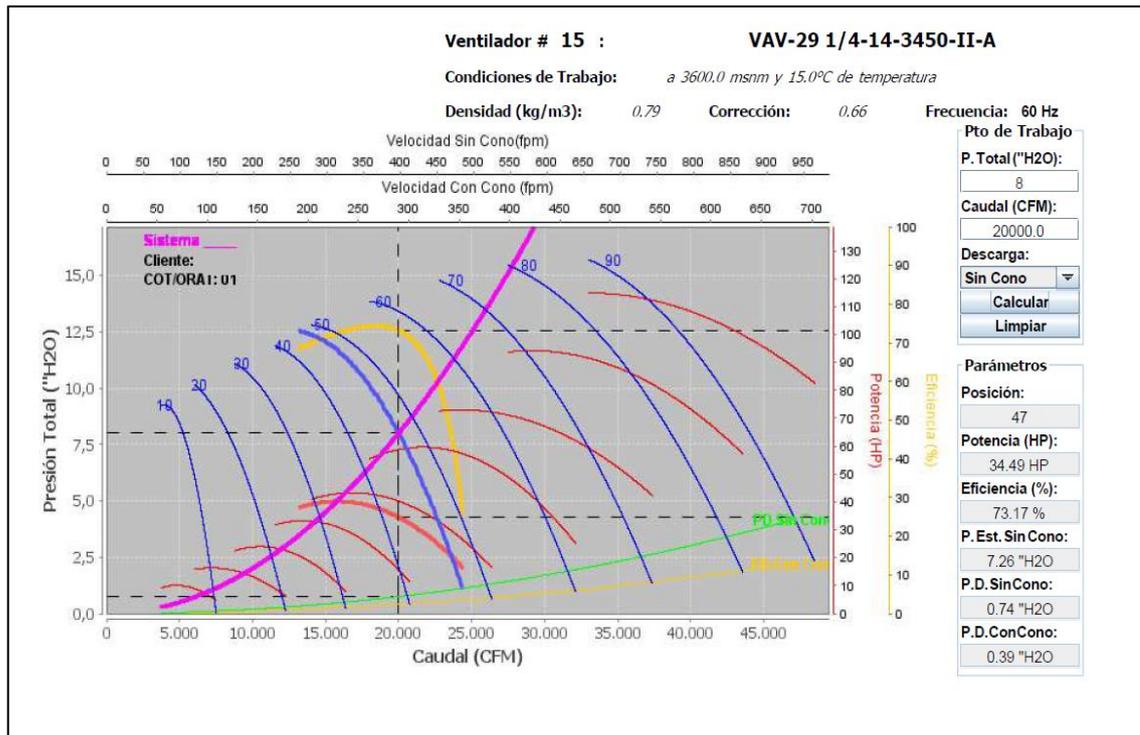


**Figura 9.** Curvas de presión, caudal y potencia de un ventilador de 10,000 cfm de la marca Airtec.

#### 4.6.5.2. Ventilador de 20,000 cfm – Montalván Verastegui

DATOS:

CAUDAL: 20,000 cfm  
 PRESIÓN TOTAL: 8.00 "h<sub>2</sub>o  
 MODELO: VAV-25 ¼-18-3450-II-A  
 N° ETAPA: DOBLE  
 POTENCIA MOTOR: 34.49 = 40.00 hp  
 ALTURA DE OPERACIÓN: 3600 m.s.n.m.



**Figura 10.** Curvas de presión, caudal y potencia de un ventilador de 20,000 cfm de la marca Montalván Verastegui.

**Tabla 13.** Cuadro comparativo entre los proveedores de Airtec y Montalván Verastegui.

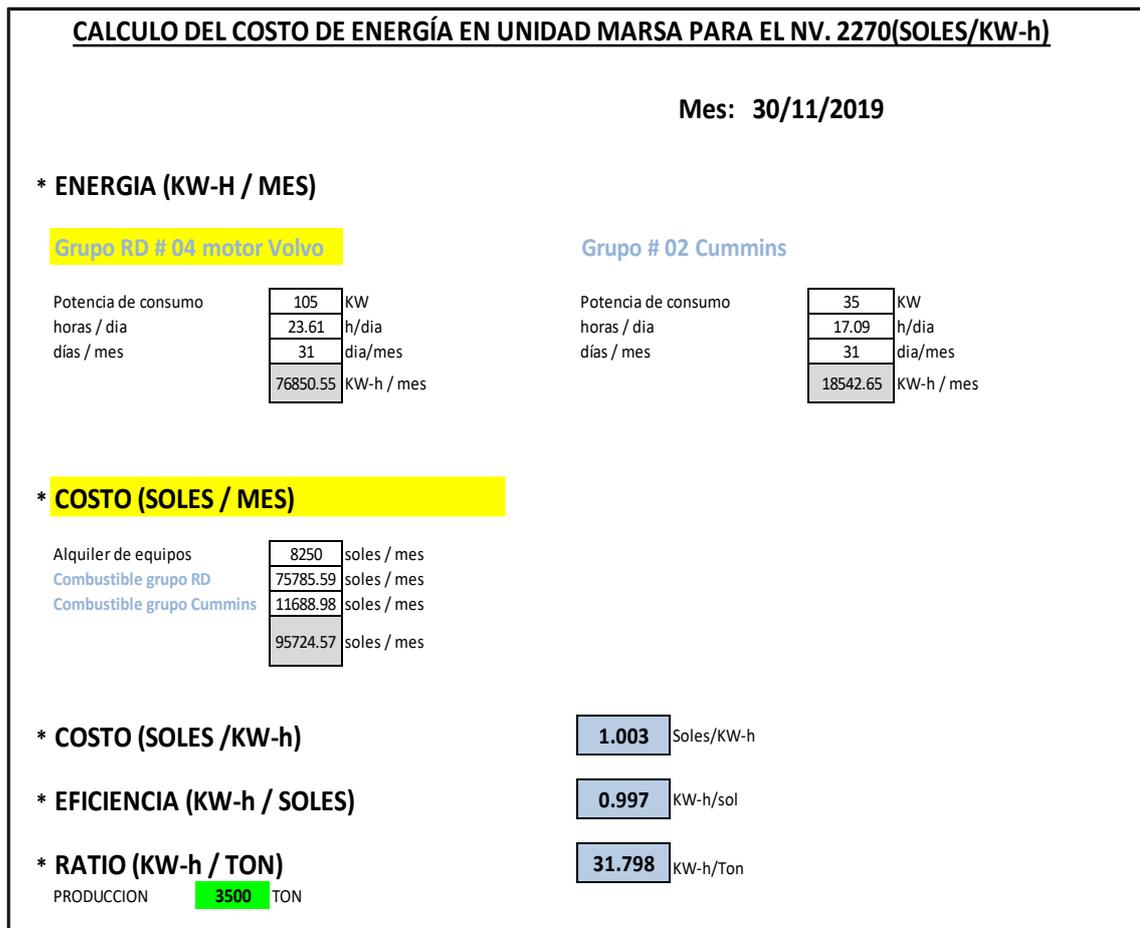
DATOS	AIRTEC	MONTALVAN VERASTEGUI
CAUDAL	10,000 cfm	20,000 cfm
PRESION TOTAL	12	8
POTENCIA MOTOR	28	40
ALTURA DE OPERACI	3600 m.s.n.m.	3600 m.s.n.m.

En el cuadro comparativo se observa las diferencias de la potencia de motor siendo el ventilador de 10,000 cfm Airtec el eficiente por tener menor potencia de motor con una presión de 12 pulg/h<sub>2</sub>o.

#### 4.6.5.2.1. Cálculo de costo de energía

En el nivel 2270 se tiene al grupo RD # 04 motor Volvo el cual se utiliza para la energización de los ventiladores. Tiene un costo de alquiler de S/. 8.250 al mes. Por un consumo en total en toda la operación de S/. 75,785.59 al mes en combustible.

Para los ventiladores usamos en 22 horas encendido en ventilador S/. 12,958 al mes en combustible por un ventilador.



*Figura 11.* Calculo para hallar el costo de energía.

PARA 01 VENTILADOR DE 10.000 cfm

Teniendo en cuenta que se usa: 19 Kw

19 Kw x 1 hora = 19kw-h

Entonces: 19 Kw-h x 1.003 sol (comb.) = 19 soles  
Kw-h

Siendo 24 horas eficientes de encendido el ventilador por las 2 guardias dia/noche se obtiene en costo: 19 soles (comb.) x 22 h = 418 soles (comb.).

## 4.7. CÁLCULO DE COSTOS

### 4.7.1. Costos con el diseño anterior de ventilación

Se obtiene el costo del diseño anterior con las características específicas del ventilador de 20,000 cfm por parte del proveedor de la marca de Montalván Verastegui.

**Tabla 14.** Costo de compra con el diseño anterior en la marca de Montalván Verastegui.

Item	VENTILADOR AXIAL MINERO				
1	Capacidad (cfm)	20,000			
2	Presion Total	8			
<b>MONTALVAN VERASTEGUI S.A.C.</b>					
Item	Descripcion	Capacidad	Cantidad	Costo/Unitario S/.	Costo Total S/.
1	Ventilador Axial Minero VAV-23 1/4 -14-3450-I-A	25 hp	5	S/.21,358.07	S/.106,790.36
2	Adaptador a manga de ventilacion ADAP-VAV-23 1/4		5	S/.1,565.06	S/.7,825.29
3	Tablero de Arranque Estrella Triangulo 25 HP	25 hp	5	S/.6,101.74	S/.30,508.70
<b>RESUMEN</b>					
Item	Descripcion	COSTO			
1	Ventilador Axial Minero VAV-23 1/4 -14-3450-I-A	S/.106,790.36			
2	Adaptador a manga de ventilacion ADAP-VAV-23 1/4	S/.7,825.29			
3	Tablero de Arranque Estrella Triangulo 25 HP	S/.30,508.70			
	<b>SUB TOTAL</b>	<b>S/.145,124.35</b>			
	IGV: 18%	S/.26,122.38			
	<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>S/.119,001.96</b>			

### 4.7.2. Costos con el nuevo diseño de ventilación

Se realizaron cotizaciones con la empresa Airtec resultando la mejor opción por estandarización, calidad comprobada, servicio técnico y precio la empresa Airtec. La cotización es la siguiente:

**Tabla 15.** Costo de compra con el nuevo diseño en la marca de Airtec.

Item	VENTILADOR AXIAL MINERO				
1	Capacidad (cfm)	10,000			
2	Presion Total	12			
<b>AIRTEC S.A.</b>					
Item	Descripcion	Capacidad	Cantidad	Costo/Unitario S/.	Costo Total S/.
1	Ventilador Axial Minero VAV-23-14-3450-II-A	30 hp	5	S/.20,016.00	S/.100,080.00
2	Adaptador a manga de ventilacion ADAP-VAV-23 1/4		5	S/.1,285.00	S/.6,425.00
3	Tablero de Arranque Estrella Triangulo (Y-D) 30 HP	30 hp	5	S/.5,950.00	S/.29,750.00
<b>RESUMEN</b>					
Item	Descripcion	COSTO			
1	Ventilador Axial Minero VAV-27.25-14-3450-I-A	S/.100,080.00			
2	Adaptador a manga de ventilacion ADAP-VAV-23 1/4	S/.6,425.00			
3	Tablero de Arranque Estrella Triangulo 25 HP	S/.29,750.00			
	<b>SUB TOTAL 1</b>	<b>S/.136,255.00</b>			
	<b>DESCUENTO 2%</b>	<b>S/-.2,725.10</b>			
	<b>SUB TOTAL 2</b>	<b>S/.133,529.90</b>			
	<b>IGV: 18%</b>	<b>S/.24,035.38</b>			
	<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>S/.109,494.52</b>			

**CONDICIONES COMERCIALES:**

**VALOR VENTA:**

- Se entiende en “S/.” En caso de cancelar en Dólares Americanos la facturación se realizará de acuerdo al tipo de cambio establecido por AIRTEC.

**CONDICIONES DE VENTA:**

- 50% Adelanto
- 50% Contra Entrega

**PLAZO DE ENTREGA:**

- De 22 a 25 días útiles (lunes a viernes)
- Entrega de lunes a viernes.

**LUGAR DE ENTREGA:**

- Mercadería puesta en sus almacenes de Lima.

**TRANSPORTE:**

- El cliente se encargará del transporte del equipo a mina bajo su cuenta.

**EMBALAJE:**

- Jaula de madera. Cualquier modelo distinto estará sujeto a una cotización adicional.

**VALIDEZ DE OFERTA:**

- 30 días.

#### 4.7.3. Comparación de costos

Se realiza la comparación de costos del producto entre los dos proveedores para obtener la diferencia del costo el cual incluye adaptador de manga y tablero eléctrico por ambas partes.

**Tabla 16.** Comparación de costos de adquisición.

Item	COMPARACION DE COSTOS POR EMPRESAS S/.			
	Descripcion	Capacidad	Cantidad	Costo Total S/.
1	AIRTEC S.A.	30 hp	5	S/.109,494.52
2	MONTALVAN VERASTEGUI S.A.C.	25 hp	5	S/.119,001.96
			<b>DIFERENCIA</b>	<b>S/.9,507.44</b>

#### 4.7.4. Resumen total de costos

Siendo el costo total de la inversión anterior de S/. 119,001.96 y para el nuevo diseño de ventilación con el cambio de los ventiladores a Airtec la inversión es de S/. 109,494.52 adicionalmente de cumplir con los requerimientos legales nos ayudaría a ahorrar S/. 9,507.44 con los siguientes detalles:

- El incremento de labores y profundización en interior mina es de 190 % en función al periodo que se espera llegar en 2020.
- Se tienen las labores ventiladas y se programaran labores de estaban en falta de ventilación.
- Se cambiaron ventiladores auxiliares, y se tiene ventiladores en stand by, para cubrir la necesidad del incremento de labores.
- Se garantiza la velocidad requerida, que actualmente es de 20 m/min con el uso de emulsión.
- La distancia entre el ventilador hasta la labor cumple con lo requerido, el cual debe estar dentro de los 300 m.
- Por la nueva adquisición de ventiladores nuestros ventiladores son de 10,000 cfm con una presión de 12 pulg/h<sub>2</sub>O.



Según Mallqui (1981), en la tesis titulada “Proyecto Optimización del sistema de ventilación” en su conclusión indica, se acepta que el incremento de la temperatura del aire debido al auto compresión es el orden de 1°C por cada 100 metros de profundidad, el incremento de la temperatura es como resultado de la oxidación del carbón, de la pirita, putrefacción de la madera, velocidad de flujo de aire, el trabajo de equipos motorizados que influyen en el incremento de la temperatura, al movimiento de aire es originado en interior mina por la diferencia de presiones entre dos puntos del aire creados en forma natural o artificial.

En nuestro caso si bien estoy de acuerdo con lo expresado por Mallqui, y al proyectarse mayores en profundidad, la cantidad de aire requerido será mayor con lo que se determinó que con el nuevo diseño de ventilación se optimizará con el cambio de ventiladores de 20,000 a 10,000 CFM y con presiones de 8 a 12 pulg/h<sub>2</sub>O. Optimizándose los costos de inversión anterior de S/. 119,001.96, se realizó la inversión es de S/. 109,494.52.



## V. CONCLUSIONES

Al haberse realizado un nuevo diseño del circuito de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА, se logró optimizar el circuito de ventilación con el ingresos de aire limpio según los avances en labores y profundización., determinándose un ingreso total de aire de 72,287 CFM, y una necesidad total de 55.262 CFM, en operación por equipo, personal, y otros, teniendo un superávit de 17.026 CFM.

Con un nuevo diseño del circuito de ventilación se ha logrado optimizar los costos de ventilación en el nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – MARSА S.A, siendo el costo total de la inversión con el diseño anterior de S/. 119,001.96, con ventiladores Montalván Verastegui de 20,000 CFM, con una presión de 8 pulg/H<sub>2</sub>O, y para el nuevo diseño de ventilación con el cambio de los ventiladores a Airtec de 10,000 cfm con una presión de 12 pulg/H<sub>2</sub>O., se realizó la inversión de S/. 109,494.52 adicionalmente de cumplir estos últimos con los requerimientos legales, nos dan una optimización de costos en ahorro de S/. 9,507.44. Lo que da lugar a desarrollar las labores de profundización y avances programadas. Dando una calidad de aire limpio confortable para el personal, y suficiente para la emisión tipos de gases de la operación mina.



## VI. RECOMENDACIONES

Siendo la presente evaluación el primer trabajo en su género en la empresa, invocamos a los directivos, continuar brindando facilidades a futuras investigaciones y seguir invirtiendo en equipos e instrumentos de control de la ventilación.

Se recomienda tener un control estricto del horario de ventilación y con la evaluación correspondiente para tener un uso apropiado de ventilación en términos económicos.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

D.S. 024 – 2016 – EM, Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, Lima ISEM.

D.S. 023 – 2016 – EM, Modificatoria del D.S. 024 – 2016 – EM.

ISTEC, (2000). Ventilación avanzada.

Mallqui, Aníbal (1981). Proyecto de optimización del sistema de ventilación.

Mallqui, Aníbal (2006). Ventilación de minas.

Ramírez, Julio. (2005). Ventilación de minas, Modulo de capacitación técnico ambiental, Chaparra - Perú

Yáñez G (1993) Ventilación de minas.

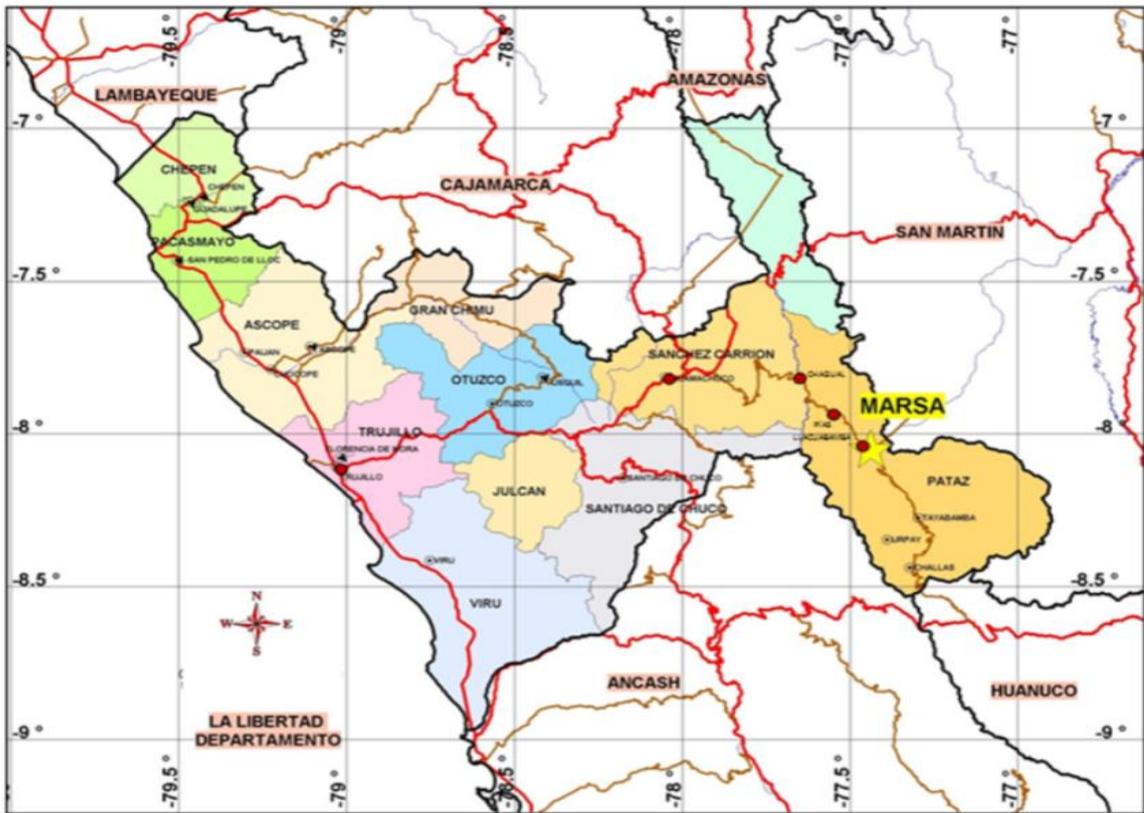
Zitron, (2007). Conferencia de ventilación de Minas, Lima Perú.

Nayra V. Ángel (1999).

De la Cuadra (1974).

## ANEXOS

**Anexo 1.** Mapa de ubicación de la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A. – MARSA.



Anexo 2. Ubicación geográfica Minera Aurífera Retamas S.A. – Pataz - La Libertad.

